

**Adopción de Sistemas Inteligentes en el Transporte público de pasajeros
Bogotá en la actualidad**

Ana Milena Valencia Moreno

Asesor

Ingeniero Iván Camilo Nieto

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería - ECBTI

Ingeniería Electrónica

2024

Dedicatoria

Dedico esta monografía de investigación a mi esposo Gustavo Toquica, quien fue mi apoyo en este proceso formativo, siempre creyendo en mis capacidades y brindándome voz de aliento en cada momento; a mi hermano Ferney Valencia y mis padres Ana Moreno y Luis Valencia, por haberme forjado como persona, con excepcionales principios morales y éticos, y quienes me enseñaron a superar con fortaleza todas las adversidades.

A todos los demás integrantes de mi familia y amigos porque cada uno de ustedes aportó con sus palabras, motivación para culminar esta etapa de estudio.

También extendo esta dedicatoria a todos los profesionales en formación, sigan luchando por sus sueños y vivan para servir, entre todos podemos construir un mejor futuro.

Agradecimientos

Agradezco a el ingeniero Iván Camilo Nieto Sánchez por su acompañamiento, asesoría y enseñanzas durante el proceso de construcción de esta monografía.

A cada uno de los docentes que me acompañó en esta etapa de formación, quienes, con dedicación y paciencia, me formaron como profesional; también a la universidad y cada uno de sus integrantes quienes desarrollaron y mejoran día a día este modelo de educación que permite que muchos colombianos tengamos acceso a la formación profesional.

A mis familiares y amigos por sus palabras, consejos y enseñanzas.

Resumen

Desde inicios del año 2015, en Bogotá se han venido implementando los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS por sus siglas en ingles), en el transporte público de la ciudad, lo cual tiene como política el desarrollo y crecimiento del sector transporte, mejorando la logística por medio de la recolección de información y la toma de decisiones asertivas para lograr una movilidad inteligente en la ciudad.

Por esto las empresas operadoras iniciaron la implementación de nuevas tecnologías a bordo de los buses, las cuales cuentan con un equipamiento que está dividido en tres categorías generales (no en todos los casos), Sistema tecnológico de seguridad, sistemas de telemetría vehicular y Sistemas Tecnológicos de divulgación de información.

Estas tecnologías tienen actualmente varios desafíos en la ciudad, ya que con la implementación han surgido varias problemáticas, en cuanto a integración de las tecnologías, necesidades de fortalecimiento en la infraestructura de red, seguridad informática y capacitación.

El objetivo del desarrollo de este proyecto es, presentar un panorama actual de la implementación de estos sistemas en Bogotá en el sector público, identificando las problemáticas y desafíos que tiene la ciudad, los beneficios que representan la implementación de estas nuevas tecnologías para los usuarios y las empresas operadoras.

En este documento se abordan conceptos técnicos asociados a las implementaciones, estableciendo las normativas y estándares más relevantes de la implementación de los ITS, características de equipamiento tecnológico para estos proyectos y conceptos de ingeniería aplicados.

Finalmente, para demostrar un beneficio muy relevante de esta implementación, mediante procesos de análisis de datos, usando el software Power Bi y basado en las variables obtenidas a

través del CanBus (protocolo de comunicación serial para la transmisión de mensajes distribuidos), en la construcción del presente trabajo se desarrollan tableros donde se muestra el comportamiento de variables, su relación con estados del vehículo y la conducta operacional, estos tableros están acompañados de un análisis el cual contiene ideas para la toma de decisiones según las necesidades detectadas.

Palabras Clave: Big Data, Ciencia de datos, Seguridad informática, Sistemas Inteligentes de Transporte, Telemetría.

Abstrac

Since the beginning of 2015, Intelligent Transportation Systems (ITS) have been implemented in Bogotá's public transportation system. This policy aims to develop and grow the transportation sector by improving logistics through data collection and assertive decision-making to achieve smart mobility in the city.

Because of this, operating companies have started to implement new technologies on board buses, which are generally divided into three categories (not in all cases): technological safety systems, vehicle telemetry systems, and technological information dissemination systems.

These technologies currently face several challenges in the city. Their implementation has given rise to various issues regarding the integration of technologies, the need for strengthening network infrastructure, cybersecurity, and training.

The objective of this project is to present an overview of the current implementation of these systems in Bogotá's public sector, identifying the problems and challenges the city faces, and the benefits of implementing these new technologies for users and operating companies.

This document addresses technical concepts associated with the implementations, establishing the most relevant standards and regulations for the implementation of ITS, the technological equipment characteristics for these projects, and applied engineering concepts.

Finally, to demonstrate a significant benefit of this implementation, through data analysis processes using Power BI software and based on the variables obtained through CanBus (a serial communication protocol for distributed message transmission), this work develops dashboards that show the behavior of variables, their relationship with vehicle states, and operational conduct. These dashboards are accompanied by an analysis containing ideas for decision-making according to detected needs.

Keywords: Big Data, Data Science. Cybersecurity, Intelligent Transport Systems, Telemetry.

Tabla de Contenido

Introducción	17
Definición del Problema	19
Alcance y Limitaciones del Estudio.....	20
Objetivos	21
Objetivo General.....	21
Objetivos Específicos.....	21
Justificación	22
Metodología	24
Marco Teórico.....	28
Ciudades Inteligentes (Smacity).....	28
Principios de Big Data en la Implementación de los ITS.....	29
CANBUS Protocolo de Comunicación.....	30
Características del Protocolo CANBUS.....	31
Usos de la Telemetría Vehicular.....	32
Uso de Telemetría en las Empresas de Transporte	33
Generalidades de los Sensores Vehiculares.....	33
Marco Conceptual: Antecedentes.....	35
Implementación ITS en Vehículos Eléctricos	40
Centro de Gestión de Transito.....	42
Desarrollo de la Investigación.....	43

Sistemas Inteligentes de Transporte en la Ciudad de Bogotá.....	43
Retos que Enfrentan los ITS en Bogotá.....	44
Reto 1. Seguridad Informática en los ITS.....	44
Reto 2. Big Data: Integración con Proyectos ITS.....	47
Reto3. Desarrollo de Tecnologías de Información Geográfica y Comunicaciones (TIG y TIC)	49
Conectividad e Infraestructura de Red.....	51
Regulación y Normatividad para los ITS.....	56
ISO11898: Controller Area Network (CAN)	56
Protocolos de Comunicación SAE J1939 para Vehículos Eléctricos	63
Gestión de Energía del Vehículo con Control de Potencia.....	64
Protocolo SAEJ1939 CanBus: Carga del Vehículo.....	65
Modelo SOC de Batería.....	66
Protocolo de Comunicación SAE J1708	67
ISO14813-1: Sistemas Inteligentes de Transporte	69
Protocolo MQTT Message Queuing Telemetry Transport (Protocolo de telemetría y transporte de mensajes)	71
Protocolo MQTT en Proyectos ITS	72
Implementación de ITS en Vehículos de Transporte de Pasajeros	74
Etapa de Diseño	74
Sistema Tecnológico de Seguridad (STS).....	75
Características de los NVR (Network Video Recording).....	75
Cámara de Comportamiento	77

Tecnologías Usadas en Cámaras de Comportamiento	78
Protocolos de Comunicación	79
Aplicaciones IA en Cámaras de Comportamiento	81
Sistema de telemetría vehicular (caso de estudio)	82
Equipamiento de Sensores en Vehículos	83
Clasificación de Sensores Automotrices	84
Sistema Tecnológico de Interacción con Pasajeros.....	91
Análisis de Datos: Gestión de Mantenimiento y Operación	97
Gestión de Flota	99
Gestión de la Operación.....	105
Conclusiones	108
Referencias bibliográficas.....	110

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Pasos Para el Desarrollo de la Investigación</i>	25
Tabla 2 <i>Clasificación de Sensores Vehiculares</i>	34
Tabla 3 <i>Datos Obtenidos con Relación a los Sensores Vehiculares</i>	38
Tabla 4 <i>Datos de Conducta Operacional a Partir de Sensores</i>	39
Tabla 5 <i>Conceptos de los Segmentos de Datos CAN</i>	61
Tabla 6 <i>Tecnologías Usadas en Cámaras de Comportamiento</i>	78
Tabla 7 <i>Protocolos de Comunicación, Cámaras de Analítica</i>	80
Tabla 8 <i>Aplicaciones IA en Cámaras de Comportamiento</i>	81
Tabla 9 <i>Clasificación de Sensores Según la Señal de Salida</i>	86
Tabla 10 <i>Tipos de Sensores Usados en el Caso de Estudio</i>	88
Tabla 11 <i>Pilares para el Análisis de Datos en ITS</i>	98

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Componentes del CANBUS</i>	30
Figura 2 <i>Iniciativa ITS</i>	36
Figura 3 <i>Barreras de Transformación Digital</i>	45
Figura 4 <i>Procesamiento de Big Data</i>	48
Figura 5 <i>Proceso para el Análisis de Datos</i>	48
Figura 6 <i>Mapa de Cobertura 4G ETB Localidad Usme</i>	52
Figura 7 <i>Mapa de Cobertura 4G Claro Localidad Usme</i>	52
Figura 8 <i>Mapa de Cobertura 4G Claro Localidad Puente Aranda</i>	53
Figura 9 <i>Retos de Conectividad en el Desarrollo de Ciudades Inteligentes</i>	54
Figura 10 <i>Estructura del CanBus</i>	57
Figura 11 <i>Conceptos de Líneas CanBus</i>	58
Figura 12 <i>Niveles Absolutos de Líneas Respecto Tierra, Estándar</i>	59
Figura 13 <i>Estructura de Datos CAN</i>	59
Figura 14 <i>Proceso de Arbitraje del Canbus con Tres Nodos Simultáneos</i>	60
Figura 15 <i>Estado de frenos. CanBus desde el computador a bordo de un vehículo eléctrico</i>	62
Figura 16 <i>Estándares SAE que Regulan la Carga en Vehículos Eléctricos</i>	64
Figura 17 <i>Circuito de Comunicación Canbus para Carga</i>	66
Figura 18 <i>Formato de Mensaje Protocolo SAE J1708</i>	67
Figura 19 <i>Arquitectura Eléctrica del CanBus</i>	68
Figura 20 <i>Conexión de Líneas SAE al Controlador Conversor A-C/D-C</i>	69
Figura 21 <i>Áreas de Acatamiento ISO14813-1 en los ITS</i>	70

Figura 22 <i>Diagrama de Uso del Protocolo MQTT para Transmisión de datos en Sistema de Transporte Público de Pasajeros</i>	72
Figura 23 <i>Beneficios del Protocolo MQTT</i>	73
Figura 24 <i>Diseño de Conexiones Externas NVR TS-206 Advantech</i>	76
Figura 25 <i>Diseño de Arquitectura de Conexión de Datos, Proyecto Big Data</i>	83
Figura 26 <i>Funcionamiento del Sensor</i>	84
Figura 27 <i>Señal Analógica</i>	86
Figura 28 <i>Señal Digital</i>	86
Figura 29 <i>Señal de Pulso</i>	87
Figura 30 <i>Sensor de Posición del Acelerador</i>	88
Figura 31 <i>Sensor de Velocidad</i>	88
Figura 32 <i>Sensor de Temperatura Motor</i>	89
Figura 33 <i>Sensor de Desgaste de Frenos</i>	89
Figura 34 <i>Sensor de Estado de Carga</i>	90
Figura 35 <i>Sensor de Carga por Eje</i>	91
Figura 36 <i>Cámaras en Buses SITP</i>	93
Figura 37 <i>Conexión Wi-Fi Gratuita</i>	93
Figura 38 <i>Pantalla Informativa</i>	94
Figura 39 <i>Puertos USB de Carga</i>	95
Figura 40 <i>Paneles de Información a Pasajeros</i>	95
Figura 41 <i>Ruteros Informativos. Transmilenio</i>	96
Figura 42 <i>Tramas de Datos (Canbus) Obtenidas Desde el Sistema Tecnológico del Bus</i>	100
Figura 43 <i>Demostración de Tablero de Comportamiento Temperatura Motora</i>	101

Figura 44 <i>Demostración de Tablero de Comportamiento % De Carga (SOC)</i>	102
Figura 45 <i>Tablero de Peso</i>	103
Figura 46 <i>Tablero con Filtro por Eventos de Sobre peso</i>	104
Figura 47 <i>Filtro del Vehículo con Mayor Participación en Evento de Sobre Peso</i>	105
Figura 48 <i>Análisis de Velocidad por Alarmas</i>	106
Figura 49 <i>Filtrado por Alarma 1 y 2</i>	107
Figura 50 <i>Obtener Datos .csv o Texto</i>	115
Figura 51 <i>Selección de la Base de Datos</i>	116
Figura 52 <i>Opción Transformar Datos. Limpieza de Datos</i>	117
Figura 53 <i>Editor Power Query</i>	118
Figura 54 <i>Cambio de Formato de Datos</i>	119
Figura 55 <i>Filtro de Datos</i>	119
Figura 56 <i>Reemplazar Valores</i>	120
Figura 57 <i>Nombre de las Columnas</i>	120
Figura 58 <i>Opción de Agregar Condicionales</i>	121
Figura 59 <i>Condición Parametrizada para Identificar Excesos de Peso</i>	122
Figura 60 <i>Guardar Cambios del Power Query</i>	123
Figura 61 <i>Tipos de Objetos Visuales en Powerbi</i>	124
Figura 62 <i>Creación de Objeto Visual. Estado de Peso por Franja Horaria</i>	125
Figura 63 <i>Personalizar el Objeto Visual</i>	126
Figura 64 <i>Elegir Temas para Configurar la Estética del Proyecto</i>	127
Figura 65 <i>Estado de Peso por Ruta</i>	128
Figura 66 <i>Estado de Peso por Vehículo</i>	128

Figura 67 <i>Objetos Visuales Creados con el Segmento o Filtro</i>	129
Figura 68 <i>Estado de Peso en Mapa</i>	129

Lista de Apéndices

Apéndice A	<i>Diseño de un Tablero en Power Bi para Análisis Operativos de Transporte.....</i>	115
-------------------	---	-----

Introducción

Los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) han revolucionado el modo de trabajo en el sector de transporte, estas tecnologías se encuentran incluidas en todo tipo de transporte, es decir, transporte aéreo, marítimo, aeroespacial, ferrocarril y carretera; en este último cuenta con vehículos de transporte público, como en el caso de estudio el Sistema integrado de transporte de Bogotá, el cual ha adoptado estas tecnologías con el objetivo de mejorar la prestación del servicio, lo que ha influido en la reducción de congestión vehicular, control sobre la conducta de los diferentes actores viales, garantías para prestar un servicio en óptimas condiciones y mayor seguridad para los habitantes de la ciudad.

La adopción de sistemas de telemetría, son importantes para el desarrollo de las ciudades inteligentes; en el plan de desarrollo distrital 2024 – 2027, se tiene previsto una inversión importante en el sector de tecnología, donde se busca capacitar a los ciudadanos en estas tecnologías y su integración con diferentes sectores privados y públicos, de ser llevado a cabo el plan de desarrollo distrital, los retos que enfrenta la ciudad en la adopción de estas tecnologías, se abordarían en su totalidad, teniendo en cuenta que después de llevarse a cabo, pueden seguir existiendo oportunidades de mejora.

El sector transporte y los actores viales que representan este sector, se benefician de la implementación e integración de los ITS, ya que estos sistemas ofrecen una mejora en calidad de la prestación del servicio, seguimiento continuo en tiempo real y servicios de confort para los usuarios y conductores, esto gracias a la implementación de telemetría vehicular, que permite identificar las conductas de los operadores de los vehículos y el estado de los vehículos, garantizando la conducción segura y un vehículo en óptimas condiciones.

Este sistema está equipado de sistemas tecnológicos de seguridad (STS) lo que permite visualizar en tiempo real y por medio grabación lo sucedido al interior y exterior del vehículo, mejorando la seguridad de los tripulantes y garantizando el debido proceso para los eventos sucedidos que involucren el vehículo.

Relacionado con el confort de los tripulantes, los ITS cuentan con equipos que prestan servicios de interacción directa con los pasajeros, como servicio de Wifi, pantallas informativas y puertos de carga.

En conclusión, estos sistemas tecnológicos avanzan de manera significativa en su adopción en el sector transporte, lo cual permite identificar nuevas oportunidades de negocio, dando valor agregado a las empresas del sector, beneficiando al desarrollo tecnológico y económico de la ciudad, debido a la demanda de nuevos empleos en todas las especialidades como ingenieros electrónicos, de sistemas, ambientales, también áreas administrativas y muchas otras oportunidades laborales que surgen a partir de estas implementaciones.

Definición del Problema

En la ciudad de Bogotá, se han venido implementado los ITS desde el año 2012 a nivel de vehículos de transporte de pasajeros, sin embargo, no hay un documento que consolide el histórico del avance y que brinde un panorama de lo que se implementó en la ciudad en cuanto a los sistemas inteligentes de transporte, además es importante conocer las fases de implementación del proyecto y sus bases técnicas para unificar los conceptos. Profesionales del sector desconocen las generalidades de la tecnología, y aunque, los empresarios que están implementando estos sistemas conocen sus desafíos, no hay una trazabilidad por medio de una documentación pública, que contenga los avances que se han tenido en cuanto a mejoras, integración y desarrollo en la ciudad.

Según la ISO 29148 (2018), estas tecnologías están en desarrollo, por lo cual se ajustan a las necesidades del proyecto en el cual se quiera implementar, para el caso de estudio, transporte público de la ciudad.

Los integradores tecnológicos (empresas las cuales ofrecen desarrollo o implementación de la tecnología en los buses) de la ciudad de Bogotá, en su mayoría son empresas que ofertan una solución con equipos desarrollados en otros países, estas empresas cuentan con la experiencia en implementación y desarrollo propio del hardware y software, sin embargo, las empresas privadas, contratistas del servicio y los usuarios, desconocen en su mayoría, los beneficios que tienen estos sistemas, es por ello, la importancia de documentar y demostrar sus ventajas, a partir de la conceptualización técnica y su propuesta de innovación, para la construcción de una ciudad inteligente.

Según el Ministerio de transporte (2022), uno de los objetivos planteados por la secretaría de movilidad, en cuanto a la implementación de los ITS, es la recopilación e interacción constante

de la información, los cuales permiten obtener un análisis que va enfocado a la mejora de espacios urbanos, la seguridad vial y condiciones de vida adecuada para los ciudadanos.

Según Cabello (2022), se tiene estimado que para el año 2050 el 70% de la población mundial vivirá en las ciudades, esta cifra está respaldada con información de la ONU quienes indican un 68% para esta misma variable. Esto está demostrado con el crecimiento exponencial de pobladores en la ciudad en los últimos años, lo que demanda mejoras en cuanto a logística de transporte e infraestructura vial, por lo que, a partir de estas necesidades, surge una muy importante, y es tener una ciudad inteligente, a través de todas las herramientas de transformación digital, las cuales permitirán mayor eficiencia en movilidad, conectividad y mantenimiento oportuno de servicios de transporte público.

Alcance y Limitaciones del Estudio

Esta monografía de investigación aborda conceptos relevantes de lo que ha sido la adopción de sistemas inteligentes de transporte en la ciudad de Bogotá en vehículos de transporte de pasajeros, para hacer el estudio de esta adopción de tecnología es importante hacer un reconocimiento de antecedentes, tecnologías existentes, normativas y estándares.

Dado lo anterior, este documento presenta información muy precisa relacionada con la adopción de estos sistemas en Bogotá e información generalizada en cuanto a requerimientos técnicos y de ingeniería establecidos, demostrando a través de tableros diseñados en el software Power Bi, los beneficios de la telemetría vehicular para la toma de decisiones.

Objetivos

Objetivo General

Presentar los beneficios de los Sistemas de Transporte Inteligente (ITS) en la ciudad de Bogotá para el desarrollo como ciudad inteligente, estableciendo retos, oportunidades de innovación e implementación desde la base teórica de implementación y los conceptos técnicos.

Objetivos Específicos

Establecer el panorama actual de la ciudad de Bogotá en cuanto a la implementación e integración de los ITS en el transporte público, reconociendo los retos que enfrenta y las oportunidades de mejora e innovación que existen.

Determinar los requerimientos técnicos y de ingeniería para la implementación de un proyecto de ITS en el transporte público urbano de la ciudad de Bogotá.

Evidenciar las ventajas de la toma y análisis de datos con herramientas de telemetría en los vehículos de transporte público urbano, con fines de gestión de conducta operacional y mantenimiento, a partir de tecnologías disponibles en el mercado.

Contribuir al desarrollo de la movilidad urbana, presentando los beneficios de los sistemas inteligentes de transporte y alternativas de soluciones para los retos que enfrenta la ciudad con relación a su implementación.

Justificación

La investigación objetivo de esta monografía, busca mediante el análisis de artículos de investigación previos y proyectos documentados en otras ciudades o países, crear un panorama actual de la implementación de ITS en Bogotá, identificar los desafíos que se enfrentan la ciudad con la implementación de estas nuevas tecnologías, exponer posibles soluciones para abordar estos desafíos y conceptualizar con generalidades los términos más importantes en cuanto a telemetría aplicada, análisis de datos y protocolos de comunicación de data.

Esta investigación permitirá obtener una información clara y concisa sobre los ITS, ya que actualmente un porcentaje alto de población desconoce los beneficios de su implementación, incluso profesionales del área tecnológica ignoran el hecho de que estos sistemas ya están siendo implementados en la ciudad, por lo cual surge la necesidad de generar un reconocimiento del sistema en general.

Gracias a este campo de la tecnología se está abriendo el campo laboral en Bogotá para las diferentes ingenierías, por lo cual, es importante documentar los desarrollos e implementaciones hasta el momento.

Esta investigación y documentación es importante, ya que permitirá dar inicio y seguimiento a cada paso de implementación en la ciudad. La adaptabilidad enfrenta desafíos, entre ellos, el reconocimiento y la disposición al cambio por parte de los ciudadanos, entes reguladores de tránsito y profesionales que se vinculen a labores asociadas a este campo, ya que en principio, un nuevo sistema, no siempre es bien recibido ni entendido, por lo que, al iniciar un proceso de investigación el cual se adapte a la ciudad, permite que sean más fáciles de entender sus objetivos, la integración de las diferentes ramas de la ingeniería e incluso permitirá abrir campos a nuevos descubrimientos y/o innovaciones que puedan mejorar y aportar a la

integración del sistema en la ciudad.

También se han detectado otros desafíos, entre ellos, la seguridad y privacidad de datos, los sistemas inteligentes de transporte recopilan grandes cantidades de datos, como información de localización, estado de buses, información de videovigilancia, comportamiento operacional entre otros, por lo que, la privacidad y seguridad de estos datos son cuestiones críticas, ya que la divulgación no autorizada o el mal uso de la información personal pueden tener consecuencias graves a niveles legales.

Otro reto que enfrenta la ciudad es a nivel de infraestructura y conectividad, ya que, en muchas áreas de la capital, la infraestructura existente puede no está preparada para soportar completamente estas tecnologías, lo que dificulta su implementación y limita su eficacia.

El desarrollo de esta investigación permitirá al profesional acceder a una documentación la cual explicará los conceptos técnicos importantes de la implementación de ITS en un vehículo, las fases de desarrollo de un proyecto para una empresa operadora (generalidades técnicas) y finalmente un panorama actual de lo implementado en la ciudad de Bogotá hasta la fecha. El no tener esta documentación, desvirtúa los beneficios de la implementación de estos sistemas y dificulta la integración de varios sectores industriales que colaboran en la construcción de las ciudades inteligentes.

Se considera que a partir de los evidentes desafíos y la oportunidad de documentar e investigar este tema, se dará inicio a una investigación que tiene mucho por dar a conocer e innovar, lo cual es una oportunidad para muchos profesionales, quienes se interesen en este campo y quieran iniciar su proceso de investigación, ya que esta temática, es una puerta para desafíos mucho más grandes de la industria del transporte, la construcción de una ciudad inteligente y del desarrollo tecnológico como tal.

Metodología

El proceso investigativo de un tema implica el uso de diversas fuentes bibliográficas, datos estadísticos, y estudios previos, entre otros recursos. Reuniendo todos estos antecedentes, se obtiene la información más valiosa sobre el caso de estudio. Sin embargo, más que simplemente reunir datos, es crucial construir una investigación coherente basada en fuentes confiables que proporcionen la información precisa y necesaria para comprender el tema. Esto incluye realizar un análisis imparcial y comprensible del material investigado para el lector.

Para el desarrollo del presente documento se hace una investigación cuantitativa de tipo exploratorio, donde se realiza una revisión de las fuentes de información, obteniendo de cada una de ellas los datos más relevantes que aporten significativamente a los conceptos relacionados al tema de investigación y permita el análisis con el cual se pueda comprender cada uno de estos conceptos y su aplicabilidad en el desarrollo general del proceso investigativo.

En la Tabla 1 se relaciona el problema, dónde se asocia un paso a paso como método de la investigación.

Tabla 1*Pasos Para el Desarrollo de la Investigación*

Paso	Aporte al desarrollo de la investigación
Recopilación y revisión de las fuentes	En este paso, se reunirán todas las fuentes de información previa, relacionadas con los sistemas inteligentes de transporte, se debe realizar un filtro, ya que el problema de investigación es basado en ITS (sistemas inteligentes de transporte) implementados en vehículos de transporte de pasajeros, por lo que se debe ser muy preciso con los conceptos que se debe investigar y analizar. Es importante en este punto identificar los antecedentes en la ciudad de Bogotá, ya que parte de esta investigación es dar a conocer el desarrollo e implementación en la actualidad para la ciudad.
Esbozar la investigación	Al tener toda la documentación que será apoyo para el desarrollo de esta investigación, se debe organizar, filtrar, analizar y finalmente plasmar a fin de dar una solución al problema planteado, aquí se identificarán los conceptos técnicos y de ingeniería aplicados a los ITS, además de comprender como estas tecnologías se implementan en el transporte público y que beneficios tiene, todo esto comprobado con la literatura existente y los datos cuantitativos tomados de estudios anteriores basados en la actualidad en la ciudad

Paso	Aporte al desarrollo de la investigación
Análisis de los datos obtenidos	<p data-bbox="586 352 724 386">de Bogotá.</p> <p data-bbox="586 478 1458 806">En este punto de la investigación, se realiza un análisis de la información construida, donde se obtendrán los conceptos definitivos. Todo este análisis debe estar debidamente soportado con fuentes de información confiables, el enfoque del análisis debe dar respuesta al problema planteado.</p> <p data-bbox="586 884 1458 1352">En el desarrollo de la investigación no solo se hará un análisis cuantitativo basado en la actualidad de la ciudad, sino que también, se realizara una conceptualización técnica basada en tecnologías existentes y aplicadas en el sistema de transporte, por lo que también se define dentro de los métodos aplicados de la investigación, los datos exploratorios los cuáles darán lugar al análisis de la información teórica basada en antecedentes.</p>
Presentación de resultados	<p data-bbox="586 1451 1458 1843">La presentación de resultados está acompañada de diagramas, gráficos e ilustraciones, que permiten comprender más los temas expuestos, en el desarrollo de la investigación teórica, se acompañan varios de los conceptos técnicos con ilustraciones que hacen relación a las características de los sistemas, su distribución etc. A la hora de exponer los beneficios de implementación se hace uso de gráficas</p>

Paso	Aporte al desarrollo de la investigación
	<p data-bbox="586 352 1463 457">que permiten comprender los cambios a nivel de movilidad y calidad de servicio prestado al usuario.</p> <p data-bbox="586 537 1442 856">El uso de diagramas de flujo, en el desarrollo de esta investigación, permite comprender procesos relacionados con la aplicación de las tecnologías y los pasos para el análisis adecuado de los datos obtenidos a partir de la tecnología aplicada (telemetría, instrumentación, comunicación etc.)</p>

Fuente. El Autor. Descripción de pasos para la investigación.

Marco Teórico

Para el desarrollo del marco teórico, es importante aclarar, que los conceptos técnicos se desarrollaran de manera generalizada, ya que la ampliación y profundización de la información se hará basado en la finalidad de la investigación, en el desarrollo del proceso investigativo.

Ciudades Inteligentes (Smarcity)

Basado en la estimación de la migración de la población mundial a las ciudades para el año 2050, se establece un replanteamiento que viene acompañado de desarrollo, en la actualidad, todo desarrollo está asociado a nuevas tecnologías, es por ello por lo que se define el concepto de ciudades inteligentes a partir del aporte y uso de las TIC para el correcto desenvolvimiento de una nueva era de sostenibilidad y desarrollo.

El papel de las TIC en la integración de energías renovables y eficiencia energética es de suma importancia a la hora de pensar en movilidad sostenible.

“El progreso de internet y las tecnologías de banda ancha ha sido clave para el despliegue de los servicios telemáticos que actualmente disfruta los ciudadanos y ha jugado un papel esencial en el desarrollo tecnológico de las ciudades.” (Vidal. 2015)

El objetivo de las ciudades inteligentes es contar con información interconectada, obtenida a partir de sistemas de telemetría y automatismos, toda esta información permitirá un análisis en tiempo real, y así mismo optimizar recursos, prever novedades, actuar con mejoramiento de la infraestructura de la ciudad y gracias a todo ello, mejorar la calidad de vida de los ciudadanos.

Principios de Big Data en la Implementación de los ITS

Los Intelligent Transport Systems (ITS) tienen como propósito el control del tránsito y el transporte; revisan, analizan, evalúan y proponen soluciones para la congestión vehicular, la accidentalidad y la contaminación ambiental, entre otros. Estos sistemas le apuntan a una gestión eficiente, sostenible y sustentable de la infraestructura vial, en especial en las grandes ciudades. (Ochoa. N, Ochoa S. 2023)

El BIG DATA asociado a los ITS tiene 3 principios fundamentales:

Análisis de datos: Se realiza a partir de una clasificación de datos, del más relevante al menos relevante, a partir de allí, se puede determinar, según el objetivo del análisis, qué datos se puede usar para obtener información que permita mejorar el sistema en que esta empleado, por ejemplo, en los ITS de vehículos de transporte público, se busca hacer un análisis de conducta operacional donde se observe estadísticamente los índices de comportamiento de conducta operacional, además de garantizar el estado del vehículo para la operación, mejorando así la seguridad de los usuarios.

Valor agregado: A partir del análisis, se debe identificar, preguntas sobre el dato analizado y como el estudio de esta información hace un aporte significativo al tema de análisis, permitiendo la toma de decisiones estratégicas, que contribuyan a la empresa administradora del servicio en costo / beneficios y al usuario final.

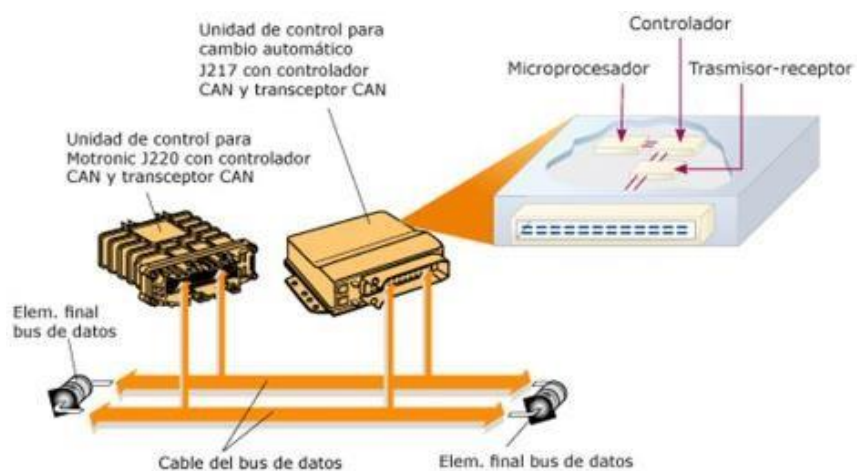
Visualización de resultados: Este principio va asociado a identificar cual es la mejor forma de visualizar los datos, ya que un buen entorno gráfico, permite reconocer fácilmente las oportunidades de mejora, es allí donde juegan un papel importante las diferentes aplicaciones que ofrecen análisis de datos a partir de entornos amigables.

CANBUS Protocolo de Comunicación

El protocolo CANBUS es un protocolo de comunicación serial desarrollado inicialmente por Bosch en la década de 1980. Su objetivo principal es proporcionar una forma confiable y eficiente de conectar y permitir la comunicación entre varios dispositivos electrónicos en vehículos automotores. El CANBUS se utiliza para transmitir datos y comandos entre los diferentes sistemas electrónicos de un automóvil, como el motor, la transmisión, los sistemas de frenado, la suspensión, los componentes electrónicos y más. Véase Figura 1.

Figura 1

Componentes del CANBUS



Fuente. CAN-Bus de datos (p.8) por Ag.C. 2018

Características del Protocolo CANBUS

Comunicación Serial. Se utiliza una comunicación, lo que lo hace más eficiente en términos de velocidad de transmisión y facilidad de implementación.

Topología en bus. Se usa una topología de bus, lo que significa que todos los dispositivos conectados comparten una única línea de comunicación. Los mensajes se transmiten en el bus y solo los dispositivos interesados en un mensaje específico lo interpretan.

Detección de Errores. Incluye un mecanismo de detección y corrección de errores. Si se detecta un error en la transmisión de datos, el protocolo puede retransmitir automáticamente el mensaje, garantizando la integridad de la comunicación.

Alta Velocidad y Baja Velocidad. Opera a diferentes velocidades de transmisión, como CAN de alta velocidad (HSCAN) y CAN de baja velocidad (LSCAN), lo que lo hace versátil y adecuado para una amplia variedad de aplicaciones.

Estructura de Marco. Los mensajes se organizan en marcos, que incluyen un encabezado que contiene información sobre el mensaje, como la identificación del remitente y la prioridad, así como los datos reales que se transmiten.

Prioridades y Arbitraje. Utiliza un sistema de arbitraje para resolver conflictos de acceso al bus cuando varios dispositivos intentan transmitir datos simultáneamente. Cada mensaje se etiqueta con una prioridad, y el mensaje con la prioridad más alta se transmite primero.

Comunicación Bidireccional. Permite la comunicación bidireccional, lo que significa que los dispositivos conectados pueden enviar y recibir datos simultáneamente.

Bajo consumo de Energía. El protocolo CANBUS es conocido por su eficiencia energética, lo que lo hace adecuado para su uso en aplicaciones automotrices, donde se requiere

un bajo consumo de energía.

Usos de la Telemetría Vehicular

El sistema de telemetría vehicular permite el control de datos de un vehículo, por ejemplo, el porcentaje de combustible (gasolina, gas, Kilovatios), el estado de las pastillas de freno, la ubicación, el desempeño del vehículo, entre otros datos obtenidos del equipamiento tecnológico del bus.

Esta telemetría vehicular trae grandes beneficios para las empresas de transporte ya que ayuda a monitorear el correcto funcionamiento de los vehículos, permitiendo así un seguimiento minucioso al activo, logrando de este modo, una mejor gestión de la flota y optimizando los sistemas de seguridad, teniendo mayor control en la gestión de mantenimientos e incluso identificando factores que influyan en la disponibilidad del servicio a fin de encontrar planes de mejora para reducir el riesgo en la operación y la no disponibilidad de los vehículos.

La implementación de telemetría consta del equipamiento de sensores, módulos de transformación y comunicación de datos, esta información según la arquitectura del sistema puede viajar en tiempo real, por lo que, para este caso, también es necesaria una infraestructura de comunicación la cual permita recopilar los datos, alojarlos en bases de datos y transmitirlos mediante un software de análisis de datos para poder comprender la información suministrada por el vehículo. Esta transmisión de datos se da con módulos de transmisión inalámbricos instalados en el bus, un caso puede ser mediante comunicación LTE, por lo que uno de los módulos, debe estar equipado con un receptor y emisor de señal LTE, y este debe estar configurado para la transmisión en tiempo real de los datos, generando un consumo de red. Cabe aclarar que esta transmisión también es posible por comunicación satelital, pero el método de transmisión se debe prever con la construcción del proyecto.

Uso de Telemetría en las Empresas de Transporte

La telemetría se convirtió en una herramienta muy útil para la gestión de flota, una gestión adecuada a partir de la telemetría vehicular permite la prevención de accidentes, detección de fallas en tiempo real (lo cual puede ser una reducción en costos por mantenimientos correctivos), detección de estados de conducta operacional donde se puede detectar problemas con el conductor o con la ruta, además de prevenir robos u otros actos delictivos dentro del vehículo.

Identificar todas estas necesidades a tiempo, da la oportunidad a la empresa de comunicarse con el operador del vehículo para tomar acciones inmediatas referente a lo que este sucediendo.

El uso de la telemetría vehicular no solo es para el beneficio de la gestión de flota en tiempo real, sino que también se puede hacer uso de los datos históricos, para identificar el desempeño de vehículos según las rutas, vías en mal estado, zonas que requieren mayor atención por parte de entes de control ciudadano, entre otros factores que puede influir en los resultados de la gestión de flota.

El beneficio y a su vez la necesidad para las empresas de implementar la telemetría vehicular es lograr mayor competitividad en el mercado de transporte, ya que pueden ofrecer mayor seguridad al usuario, optimizan recursos lo cual representa un mejor manejo de la economía de la empresa, además esta tecnología permite a las empresas participar en la construcción de una ciudad inteligente, demostrando su compromiso con el desarrollo sostenible y tecnológico.

Generalidades de los Sensores Vehiculares

Los sensores automotrices permiten obtener datos de los vehículos, estos datos son

enviados a una unidad de control. Los datos tras una transformación análoga a digital se pueden visualizar por el conductor del vehículo.

Para los sensores vehiculares, existe una clasificación la cual se describe en la Tabla 2 con sus respectivas características y algunos ejemplos.

Tabla 2

Clasificación de Sensores Vehiculares

Clasificación	Usos	Características
Mecánicos	Frenos	En los sensores mecánicos, la señal abre y cierra circuitos periódicamente, en sí, funcionan con variables físicas.
	Porcentaje de combustible	
	Presión del motor	
	Velocidad	
	Flujo de aire	
Eléctricos	Peso	Tiene buen comportamiento en cuanto exactitud, frecuencia de operación y son muy resistentes.
	Velocidad	Son sensores que cuentan con componentes eléctricos como resistencia, embobinado, relevos, transmitiendo una señal de tipo eléctrica.
	Temperatura	
Electrónicos	Humedad	Son muy eficientes y exactos, sin embargo, en una alteración de voltaje o corriente de entrada, puede generar datos erróneos o dejar de funcionar.
	Aparcamiento	
	Voltaje	

Fuente. El autor. Clasificación de sensores según su composición.

Marco Conceptual: Antecedentes

El Sistema Inteligente de Transporte (ITS) en Bogotá es una plataforma tecnológica que recopila, almacena y proporciona información en tiempo real sobre el tráfico en una ciudad. Este sistema busca mejorar la movilidad y garantizar un transporte seguro a medida que recopila datos diarios; este aprende y emite alertas basadas en la información recopilada. Ha sido implementado gradualmente, incluyendo el Centro de Gestión del Tráfico, equipamiento tecnológico a bordo de vehículos de transporte a pasajeros, semaforización inteligente y comparendos electrónicos. Además, se están implementando paneles de mensajería variable en luces LED para proporcionar información en tiempo real a los conductores.

Los Sistemas Inteligentes de Tránsito y Transporte (ITS) agrupan las soluciones tecnológicas, informáticas y de telecomunicaciones que, a través de diferentes equipos tecnológicos se reconocen las condiciones del tráfico y la infraestructura de transporte, con las cuales se recogen, almacena, procesan, analiza y distribuyen información útil para rediseñar proyectos que mejoren la operación, gestión y la seguridad del transporte, así como el tránsito por los corredores viales. (Mintransporte. 2022)

La Secretaría Distrital de Movilidad y otros organismos utilizan los ITS para medir, monitorear y analizar la movilidad de la ciudad como se detalla en la Figura 2. El sistema incluye sensores, cámaras de videovigilancia y tecnología wifi-bluetooth para recopilar información sobre el tráfico y tomar decisiones para mejorar la respuesta a incidentes y eventualidades en la ciudad.

En los vehículos de transporte público de pasajeros, se han implementado un conjunto de equipos tecnológicos que permiten la monitorización de los vehículos en tiempo real, el equipamiento de los vehículos consta de sensores, módulos de comunicación y transformación

de datos, computadores a bordo, sistemas de videovigilancia, botón de emergencia, geolocalización, comunicación LTE para transmisión de datos en tiempo real y equipos de información a pasajeros.

Figura 2

Iniciativa ITS



Fuente. Mintransporte. 2018

Los sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) son una amplia gama de sistemas de información y tecnologías electrónicas y de comunicación (inalámbrica o cableada) que mejoran la seguridad vial, la movilidad, la calidad de vida de los ciudadanos, y aumentan la productividad y competitividad del país, a través de la inclusión de tecnologías avanzadas en la infraestructura de transporte y en los vehículos. (Mintransporte 2018)

El objetivo de la implementación de esta infraestructura tecnológica es prestar un mejor servicio al ciudadano, garantizando la movilidad segura, para que esto sea posible, se debe monitorear, recolectar y analizar la información obtenida.

Para el caso de los vehículos que prestan el servicio público, se realiza seguimiento al estado actual del vehículo detectando necesidades de mantenimiento, también evaluando la conducta operacional de los conductores de ruta e identificando condiciones de la operación.

Las necesidades de mantenimiento son datos que se obtienen de los sensores que están a bordo del bus, en la Tabla 3 se relacionan los datos que se obtienen a partir de este equipamiento.

Tabla 3*Datos Obtenidos con Relación a los Sensores Vehiculares*

Dato	Detalles
Temperatura de baterías	Temperatura de baterías (altas temperaturas pueden representar un daño).
Temperatura del motor o electromotor	Estado actual del motor, los cambios de temperatura pueden variar según condiciones operacionales y también pueden alertar un daño.
Desgaste de frenos	Ubicación del freno con mayor desgaste y porcentaje de desgaste.
Peso del vehículo	Peso del vehículo y variaciones durante la prestación del servicio. Dato de peso por eje (no en todos los casos).
Estado de cinturones de seguridad	Sensores que identifican el no uso del cinturón de seguridad (cinturón del conductor y cinturón de pasillos para discapacitados).
Porcentaje de carga y/o combustible	Se puede identificar el porcentaje de suministro de carga o combustible (según tipología de vehículo).
Energía	Consumo de energía KW/Km. Consumo de energía en el proceso de carga.

Fuente. El autor. Datos para el seguimiento a necesidades de mantenimiento de la flota a partir de los sensores del vehículo.

Los sensores asociados al análisis de conducta operacional también son transmitidos a través de pantallas a los conductores, estas pantallas están comúnmente ubicadas cerca al conductor y alertan en tiempo real si está realizando una maniobra peligrosa. Los datos obtenidos se relacionan en la Tabla 4.

Tabla 4

Datos de Conducta Operacional a Partir de Sensores

Dato	Detalles
Velocidad	El dato de velocidad esta parametrizado para enviar una alarma después de exceder la velocidad permitida.
Frenado	Alarmas por frenado brusco
Aceleración	Alarmas por aceleración brusca
Giro	Giros bruscos
Peso y ocupación	El peso también indica alarmas de exceso de peso, además existen equipos que contabilizan la cantidad de usuarios que entran y salen del vehículo (estimación usuarios a bordo).

Fuente. El autor. Variables obtenidas de los sensores del vehículo.

Los sistemas inteligentes de transporte a bordo de los vehículos se están implementando en la ciudad de Bogotá D.C desde el año 2012, iniciando con la implementación de sistemas de recaudación de pasajes y georreferenciación, y ha tenido un importante avance con las implementaciones nombradas.

El transporte público ha tenido mejoras gracias a los planes de trabajo que se realizan a partir del análisis de todos los datos que se logran recolectar de esta grande infraestructura tecnológica, la cual es una realidad en Bogotá y la cual avanza a grandes pasos, convirtiéndonos en una de las ciudades de Latinoamérica representante del uso de tecnologías y en camino a convertirse en una ciudad inteligente.

Implementación ITS en Vehículos Eléctricos

Los vehículos eléctricos han sido los que han experimentado la evolución más significativa en tecnología en la última década, estos avances han sido impulsados por la convergencia a la movilidad eléctrica en el mundo y las tecnologías de información, obteniendo grandes avances que mejoran la eficiencia, la seguridad y la calidad de vida de los usuarios en el ámbito del transporte público.

El énfasis en telemetría de vehículos ha permitido un crecimiento notable en cuanto eficiencia operativa y experiencia del usuario. Una de las marcas pioneras en el ámbito de transporte público con Sistemas inteligentes de transporte, es BYD, quienes se han enfocado en la fabricación de buses eléctricos, implementando avanzados sistemas de telemetría, lo que ha permitido incorporar tecnologías de seguimiento y monitoreo en tiempo real, permitiendo que las empresas operadoras supervisen el rendimiento de la flota, la gestión de energía, conducta operacional y la planificación de rutas de manera más eficiente.

Otra marca destacada en este ámbito es Proterra, ya que también han implementado sistemas de telemetría avanzados para la obtención de datos en tiempo real.

Es importante destacar que uno de los intereses de los avances en los sistemas inteligentes de transporte, es lograr la conducción autónoma, las empresas involucradas en estos avances, han contribuido en investigación y desarrollo con la aplicación de inteligencia artificial

aplicada al transporte público, con estos avances, se ha innovado en temas relacionados con la comunicación entre vehículos e infraestructura vial, lo que ha llevado en algunos países aprovechar la conectividad 5G y en países como Colombia, mejorar la seguridad vial, la gestión de tráfico y la implementación de otras tecnologías emergentes.

La marca conocida como Advantech, actualmente trabaja en colaboración con varias marcas de vehículos de transporte de pasajero, provisionando los componentes asociados a la tecnología del vehículo, la participación de la marca en el sistema integrado de Transporte de Bogotá SITP es importante, ya que inicialmente se implementó en el sistema de control de pago de pasajes y ha ido evolucionando con su propuesta tecnológica, siendo esta marca un claro ejemplo de éxito.

La adhesión del SITP sistema masivo de transporte TransMilenio en Bogotá se ha convertido en un significativo avance en el desarrollo del sistema integrado en la ciudad. Gracias a la misma, los beneficios representados para la movilidad urbana se ven reflejados en la organización y ordenamiento de rutas y paraderos, reducción de agentes contaminantes, así como una cobertura total del servicio urbano, disminución de costos y tiempo de desplazamiento, accesibilidad de tarifas y demás ventajas para sus pasajeros. (Revista AndinaTraffic. 2013)

En resumen, los antecedentes de sistemas inteligentes de transporte en vehículos de transporte de pasajeros muestran una evolución significativa en la integración de las diferentes ramas de la ingeniería, como la telemetría, las comunicaciones, ingeniería de control y de sistemas entre otras, las cuales han logrado mejorar la eficiencia operativa y la seguridad.

Centro de Gestión de Transito

Movilidad inteligente.

“La Administración Distrital trabaja en consolidar una iniciativa de movilidad sostenible, que permita tomar decisiones en tiempo real y descongestione el tráfico vehicular de la ciudad.”

(TIC, Bogotá 2021)

En el plan de desarrollo distrital 2020 – 2024 existen varios objetivos, uno de ellos es “Hacer de Bogotá-Región un modelo de movilidad, creatividad y productividad incluyente y sostenible”, para lograr este objetivo la administración de la ciudad busca consolidar la movilidad como movilidad sostenible, usando tecnologías que permiten identificar planes de mejora y así disminuir los desplazamientos, el tráfico vehicular y tomar decisiones que ayuden a mejorar la movilidad de los ciudadanos.

Para mejorar la movilidad de Bogotá D.C, la secretaría de movilidad implementó una estrategia la cual es denominada Centro de Gestión de Tránsito (CGT), este centro de gestión integra todas las tecnologías, tomando decisiones en la movilidad y reduciendo la afectación en el tráfico y la movilidad de la ciudad.

El CGT puede visualizar toda la información de los sistemas inteligentes de transporte instalados en la ciudad, como son, sensores en vías, semáforos inteligentes, conteo vehicular, sistemas de visualización de cámaras, entre otras funcionalidades de la infraestructura instalada en la ciudad.

Desarrollo de la Investigación

Sistemas Inteligentes de Transporte en la Ciudad de Bogotá

La implementación del Sistema Inteligente de Transporte en Bogotá se puso en marcha en el año 2012. Este sistema utiliza herramientas tecnológicas para recopilar, almacenar y proporcionar información en tiempo real sobre el tráfico en la ciudad. El Centro de Gestión de Tráfico es el lugar desde donde se administra este sistema, permitiendo la toma de decisiones y la divulgación de información relacionada con accidentes, congestión, medio ambiente y la percepción ciudadana.

En resumen, el ITS de Bogotá se presenta como una solución tecnológica integral para gestionar la movilidad en la ciudad, aprovechando la integración de información, conocimiento, tecnologías y procesos. Este enfoque busca mejorar la toma de decisiones relacionadas con el tráfico y proporcionar información valiosa a los ciudadanos sobre diversos aspectos de la movilidad urbana.

Retos que Enfrentan los ITS en Bogotá

De acuerdo con la ONU, una ciudad inteligente es aquella que usa la tecnología como herramienta para optimizar la eficiencia de la urbe y de su economía, siempre y cuando sirva para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y proteger la naturaleza.

En el mismo sentido, la ciudad inteligente enfatiza en el uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) para mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

(National Geographic. 2022)

En un artículo publicado por National Geographic, donde hubo varios aportes de importantes especialistas en urbanidad y ciudades inteligentes, se indicó que es necesario que las ciudades adopten visiones sistemáticas enfocadas en la dinámica urbana y territorial, así mismo, connotaron la importancia de invertir en ciencia e investigación realizando un enfoque en ingeniería, urbanismo, antropología, entre otras, incorporando procesos de diseño, implementación y evaluación de las iniciativas a partir de los diferentes aportes desde la investigación. Basado en el análisis de la adopción de los ITS en Bogotá, se identificaron retos importantes, los cuales fueron construidos a partir de estudios realizados en la ciudad y acorde al plan de desarrollo distrital y territorial.

Reto 1. Seguridad Informática en los ITS

Adopción de computación en la nube: Según la Asociación Nacional de Empresarios De Colombia (ANDI), en el año 2022 Bogotá no contaba con un modelo unificado de recopilación de datos (actualmente no se ha registrado actualización de esta apreciación), algunas entidades del distrito conservan la información on-premise¹ con el respectivo control y gestión local, otras entidades hacen uso de servicios en la nube.

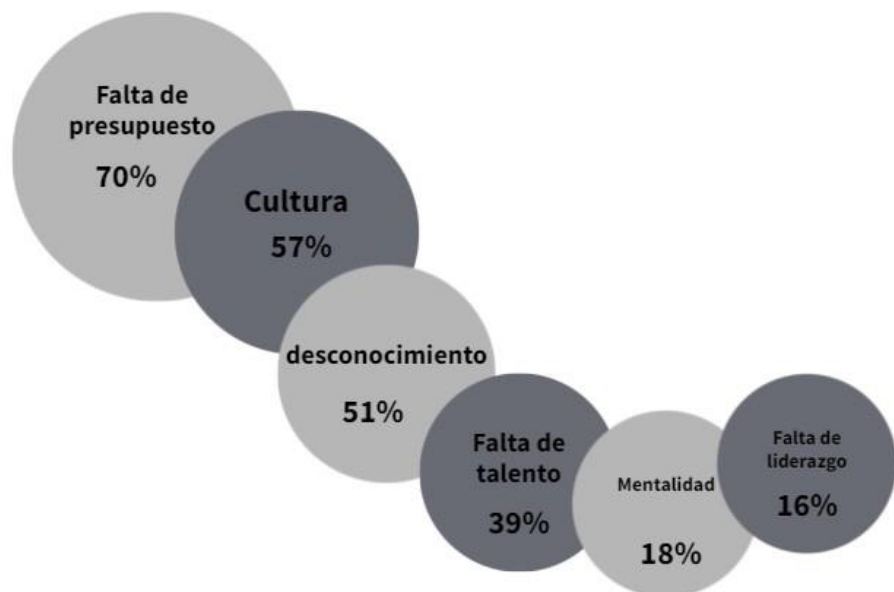
¹ On-premise: Alojados en las instalaciones propias.

Las entidades que alojan información en la nube están bajo acuerdos macros donde se garantiza el uso adecuado de la información.

Para países latinoamericanos el uso de la nube se empieza a manifestar, usado en el sector público y privado. La ANDI ha demostrado para el año 2022 que el 72% de las empresas conocen y utilizan servicios en la nube, sin embargo, se enfrentan a barreras de transformación digital las cuales se describen en la Figura 3 por porcentajes de base 100%.

Figura 3

Barreras de Transformación Digital



Nota. Basado en ANDI 2022.

En las barreras de transformación digital, hay una de cultura, la cual está asociada especialmente en pequeñas y medianas empresas que han cerrado su brecha tecnológica y no tiene conocimiento en herramientas digitales, además de considerar la inversión tecnológica como un gasto y no como una inversión de gran provecho.

“... aún hay algunos retos para que el país pueda aprovechar al máximo una industria clave para la economía global en la próxima década.” (Bohorquez 2022)

Los servicios en la nube tienen ventajas notables, ya que facilita el acceso a los datos, configurando protocolos de seguridad para proteger la información que reposa en el servidor, este fácil acceso se da gracias a que la nube permite controlar, segmentar y tener una trazabilidad de quienes acceden a la información.

Según la revista Forbes (2022), para los años 2022 y 2023 la inversión de servicios en la nube representara un porcentaje del 35% de los gastos de las empresas que usan tecnología de IT (Tecnología de Información), según análisis de Oracle, América latina alcanza un 15% de construcción de data centers a comparación de Europa con un 9%, siendo Colombia uno de los países con mayores avances en la adopción de sistemas en la nube. Los centros de datos son clave para el desarrollo de la industria en el país, sin embargo, es importante el fortalecimiento de infraestructura que se puedan dedicar a servicios de almacenamiento para empresas del sector público y privado, que otorgue mejoras en los porcentajes de datos obtenidos y reduzca los tiempos de latencias², además que se adapten a la transformación digital y que aporte a la modernización de la infraestructura TI del país, siendo este un desafío de desarrollo tecnológico.

² Latencias: En comunicaciones, la latencia es el tiempo que tarda en transmitirse una información y los retrasos que pueda tener esa transmisión.

... “La nube se convierte en un habilitador para el machine learning ³ y la inteligencia artificial” (Forbes 2022)

La nube en el sector privado de transporte se convierte en una herramienta de transformación digital, gracias al análisis que se puede obtener de la información y el valor agregado a la administración de recursos, dando ventajas competitivas en eficiencia y oportunidades en la toma de decisiones.

Reto 2. Big Data: Integración con Proyectos ITS

El termino de Big Data se ha convertido en uno de los más importantes en la nueva era tecnológica, el Big Data se usa para la administración de grandes bases de datos, capturando información y procesándola con bajos niveles de latencia en la transmisión.

Las características del Big Data son: Transmisión de alto volumen de datos, velocidad de transmisión, en relación con el sistema inteligentes de transporte, los datos provienen de sensores, dispositivos de videovigilancia, archivos de registro, entre otros, que se generan en tiempo real.

El proceso de implementación y tratamiento de Big Data se describe en la Figura 4.

³ Machine learning: Empleando técnicas estadísticas, se capacitan algoritmos con el propósito de realizar clasificaciones o predicciones, así como para identificar perspicacias fundamentales en los proyectos de minería de datos.

Figura 4

Procesamiento de Big Data



Fuente. El autor.

Para lograr un correcto análisis de los datos se debe hacer un proceso, el cual al final del análisis entregue información de valor, que nos permita tomar decisiones asertivas y oportunas, en este proceso es importante identificar los datos de mayor valor, integrar la información recopilada, para comprender la relación entre los datos obtenidos y realizar una correcta interpretación, este proceso se describe en la Figura 5.

Figura 5

Proceso para el Análisis de Datos



Fuente. El autor.

Como es el caso de los ITS a bordo de los vehículos de transporte de pasajeros, los datos obtenidos se pueden relacionar entre sí, un ejemplo de ello sería relacionar los excesos de

velocidad con una zona de georreferenciación específica o una hora del día en el que hay menos congestión vehicular, los detalles de georreferenciación permiten identificar los límites de velocidad en la zona, si es residencial o es de alto tráfico vehicular, de este modo tomar decisiones correctivas sobre la conducta del operador, además de realizar planes de acciones preventivas que concienticen a los conductores sobre el manejo preventivo en esas horas en las que se registran mayores excesos y las zonas más comunes en las que se presenta la conducta.

Otro ejemplo, es el caso en el que los vehículos reportan mayores temperaturas de motor, información que también se puede relacionar con un punto de georreferenciación identificando las zonas y horas en las que los vehículos tienen mayor exigencia, en la georreferenciación se pueden identificar trayectos que exigen mayor potencia del motor ya que Bogotá tiene varias zonas montañosas, además la demanda del transporte público en horas pico aumenta generando mayor ocupación de pasajeros en los vehículos, siendo estos factores los que influyen en el desempeño del vehículo y las necesidades de mantenimiento, en este caso, se puede optar por adicionar más vehículos en la ruta durante las franjas horarias de mayor demanda y estudiar la posibilidad de ajustar el trayecto para reducir la exigencia del vehículo, incluso si esta opción fuera un trayecto con mayor tiempo de recorrido, se puede analizar cuál de las dos opciones generan menor impacto tanto en la prestación del servicio como en el cuidado del automotor.

Reto3. Desarrollo de Tecnologías de Información Geográfica y Comunicaciones (TIG y TIC)

Nieto y Rocha (2020) afirmaron lo siguiente:

Las TIG contribuyen en la consolidación de ciudades inteligentes ya que pone a disposición del usuario herramientas innovadoras, haciendo de la ciudad un espacio que permite optimizar procesos y tomar decisiones más asertivas con fundamento en los

recursos tecnológicos disponibles.

Dicho esto, las TIG hacen parte de las disciplinas de sistemas de información geográfica (SIG) y la teledetección, las cuales están directamente involucradas con el desarrollo e innovación de sistemas inteligentes de transporte, así mismo en la construcción de ciudades inteligentes.

La ciudad enfrenta retos importantes frente a la adopción de las TIC (tecnologías de información y comunicaciones) y las TIG (Tecnologías de información geográfica), ya que la adopción de estas tecnologías requiere de una apropiación que permita adecuar y transformar la tecnología para obtener soluciones basadas en las necesidades de la comunidad, para ello es importante hacer uso rutinario de estas tecnologías, logrando así nuevos desarrollos y avances orientados al uso adecuado y beneficios amplificados, toda vez que, el uso de herramientas tecnológicas requieren una preparación y formación a fin de explotar todas sus prestaciones.

Existen tres niveles para lograr la apropiación de las TIG, los cuales se relacionan a continuación:

Aceptación Tecnológica (Acceso): La capacidad de decidir sobre el acceso a las tecnologías recae en el individuo. Dentro de este nivel se establecen dos importantes indicadores, en los cuales las entidades que hacen uso de estos niveles de apropiación determinan los beneficios del uso de las TIG y las TIC, y también identifica el valor agregado para el proceso.

Rutinización Tecnológica (Uso): Se refiere a la integración frecuente de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en las actividades organizativas mediante el uso de hardware y software especializado.

Apropiación Tecnológica: Como consecuencia de los niveles anteriores, las organizaciones experimentan los beneficios de implementar estas tecnologías en la estructura

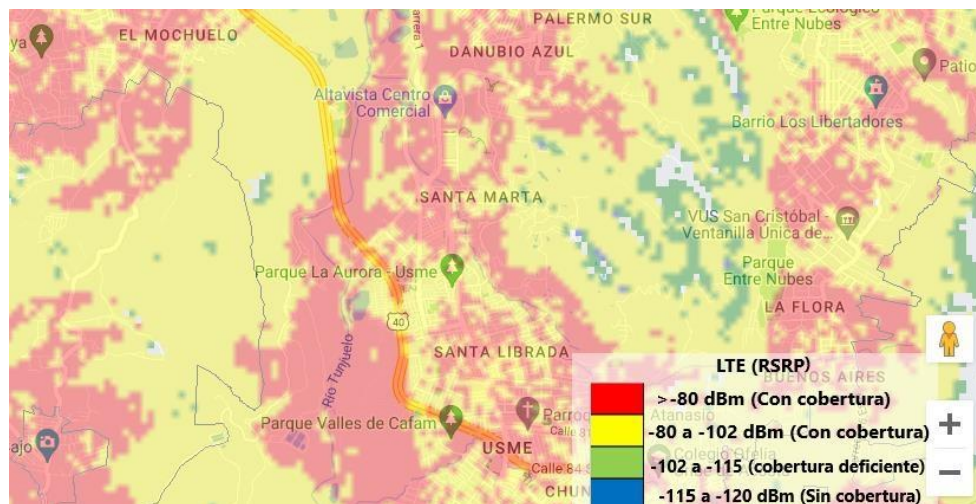
organizativa y en la ciudad. En este sentido, cuentan con personal capacitado para generar información geoespacial que cumpla con los estándares correspondientes. Además, realizan inversiones constantes en formación para satisfacer las necesidades de la ciudadanía.

Es imperativo aclarar, que el desarrollo de las TIG y de las TIC influye en el desarrollo de los sistemas inteligentes de transporte, toda vez que, no es posible innovar, mejorar y desarrollar nuevas propuestas, si no existe el mejoramiento e incremento de uso rutinario de estas tecnologías de información.

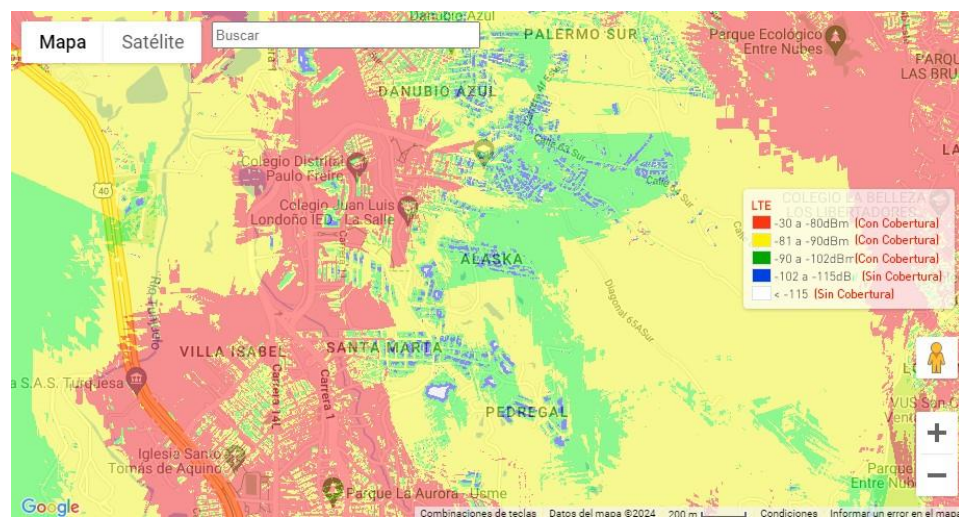
Conectividad e Infraestructura de Red

En la construcción de una ciudad inteligente, es importante robustecer la infraestructura de red, toda vez que, se requiere una buena cobertura y velocidad de comunicación, para la comunicación de los datos.

Bogotá enfrenta retos a nivel de conectividad, dentro de los retos más destacados, relacionados con el desarrollo de tecnologías de transporte, se encuentran la cobertura de red de internet y coberturas en redes LTE (por sus siglas en Ingles Long Term Evolution que significan evolución al largo plazo) como se muestran en las Figura 6, Figura 7 y Figura 8; la cobertura de red es usada para la transmisión de datos mediante protocolo MQTT (por sus siglas en ingles Message Queuing Telemetry transport), es por ello, que a nivel de infraestructura TIC, Colombia junto con el ministerio de tecnologías (MINTIC) y operadores privados, estipularon el programa de inversión (adenda de inversión FUTIC) para el año 2024, en el cual se estipulan proyectos de inversión en infraestructura a nivel de conectividad, reduciendo la brecha digital, MINTIC preciso que es necesaria la ampliación del Acceso a la Oferta Institucional del Sector TIC para los Grupos de Interés y Entidades Territoriales a Nivel Nacional” (Mintic,2024)

Figura 6*Mapa de Cobertura 4G ETB Localidad Usme*

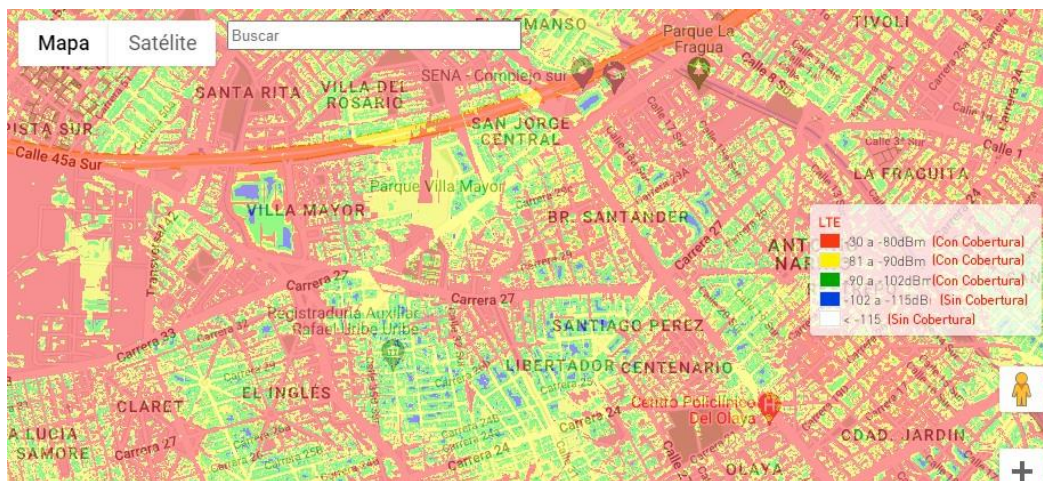
Fuente. ETB Cobertura. 2024

Figura 7*Mapa de Cobertura 4G Claro Localidad Usme*

Fuente. Claro Cobertura. 2024

Figura 8

Mapa de Cobertura 4G Claro Localidad Puente Aranda



Fuente. Claro Cobertura. 2024

Además, en septiembre del año 2023, el MINTIC afirmó y declaró apertura para la participación del proceso de selección objetiva mediante el mecanismo de subasta, para otorgar permisos de uso del espectro radioeléctrico a nivel nacional, en las bandas de 700 MHz, 1900 MHz, AWS extendida, 2500 MHz y 3500 MHz, la cual hace referencia a otorgar la administración de la nueva generación de red 5G.

El espectro radioeléctrico es el medio o la autopista que hace posible conectar a la población. Su uso está presente en la vida diaria, cuando escuchamos la radio, cuando vemos televisión, cuando se usa Wi-Fi para conectarnos a Internet, cuando hablamos por teléfono celular, cuándo usamos los datos de nuestro celular, entre otros. El espectro radioeléctrico es el insumo necesario para el despliegue de la infraestructura que soporta la prestación de diversos servicios de telecomunicaciones.

La asignación de permisos para el uso de este espectro es esencial para fortalecer la

industria de las telecomunicaciones, mejorar la productividad del país y, por ende, para lograr que cada vez más personas en el país puedan acceder a Internet y generar mejores procesos productivos a nivel nacional y regional. Es por lo que se inicia este proceso de asignación, para profundizar las acciones tendientes a cerrar la brecha digital y, especialmente, iniciar el camino para la oportuna masificación de la tecnología 5G, que habilite el desarrollo social y económico del país. (Mintic 2023)

La tecnología 5G, representa una mejora sobre las redes de comunicación celular y redes inalámbricas a niveles de velocidad de conexión y transmisión de datos, además de tener compatibilidad con múltiples dispositivos de comunicación inalámbrica, lo que favorece la comunicación entre los sistemas a bordo del vehículo y los enlaces a colas de mensajería de los centros de gestión en tiempo real.

Otros retos que enfrenta la ciudad a nivel de conectividad se describen en la Figura 9.

Figura 9

Retos de Conectividad en el Desarrollo de Ciudades Inteligentes



Fuente. El autor.

Según MINTIC 2024, el sector TIC realizó unas recomendaciones para los planes de desarrollo territorial 2024-2027, donde se establecen proyectos de inversión del gobierno de Colombia y el ministerio de tecnologías, abarcando cada uno de los retos de conectividad, ya que, con la nueva generación de red, se espera solucionar los problemas de congestión de redes, seguridad en la red, uso de tecnologías de nueva generación y mejor acceso a internet, logrando un desarrollo urbano, eliminando la brecha digital.

Regulación y Normatividad para los ITS

Toda integración tecnológica, tiene normativas que regulan su implementación, los ITS tienen normativas que orientan los proyectos a nivel técnico y documental, según los objetivos de la implementación del proyecto.

ISO11898: Controller Area Network (CAN)

La norma ISO 11898 es una norma internacional que establece los estándares para la comunicación de datos en redes de controladores de área local (LAN), especialmente en el contexto de vehículos y equipos de automoción. Se centra en el protocolo de comunicación conocido como Controller Area Network (CAN), que es ampliamente utilizado en la industria automotriz para la comunicación entre diferentes componentes electrónicos dentro de un vehículo, como sensores, actuadores, unidades de control y otros dispositivos.

El protocolo CAN es importante en vehículos de transporte de pasajeros porque permite la comunicación eficiente y confiable entre los diferentes sistemas electrónicos que controlan diversas funciones del vehículo. Esto incluye sistemas de motor, sistemas de transmisión, sistemas de frenos, sistemas de dirección asistida, sistemas de seguridad, sistemas de entretenimiento y muchos otros.

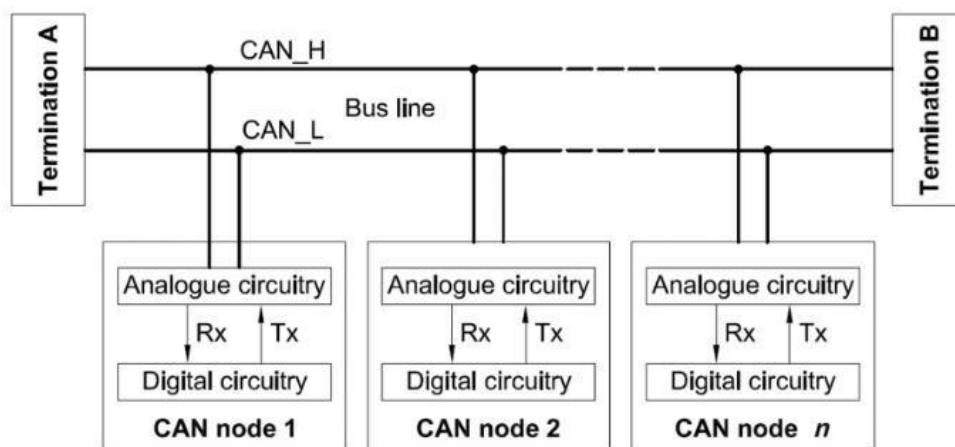
La norma ISO 11898 especifica aspectos técnicos relacionados con la capa física y la capa de enlace de datos del protocolo CAN, incluyendo la topología de red, la velocidad de transmisión de datos, los formatos de trama de mensajes, la detección de errores y otros parámetros importantes para garantizar una comunicación confiable y eficiente en el entorno automotriz.

En la Figura 10 se aprecia la estructura de CanBus según la normativa ISO11898-2, la

cual cuenta con n nodos de comunicación que comunican mediante la potencia de transmisión de salida (TX) y la potencia de recepción de entrada (RX), hacia el Can-L (Can Low: Señales de nivel lógico bajo) y el Can-H (Can High: Señales de nivel lógico alto).

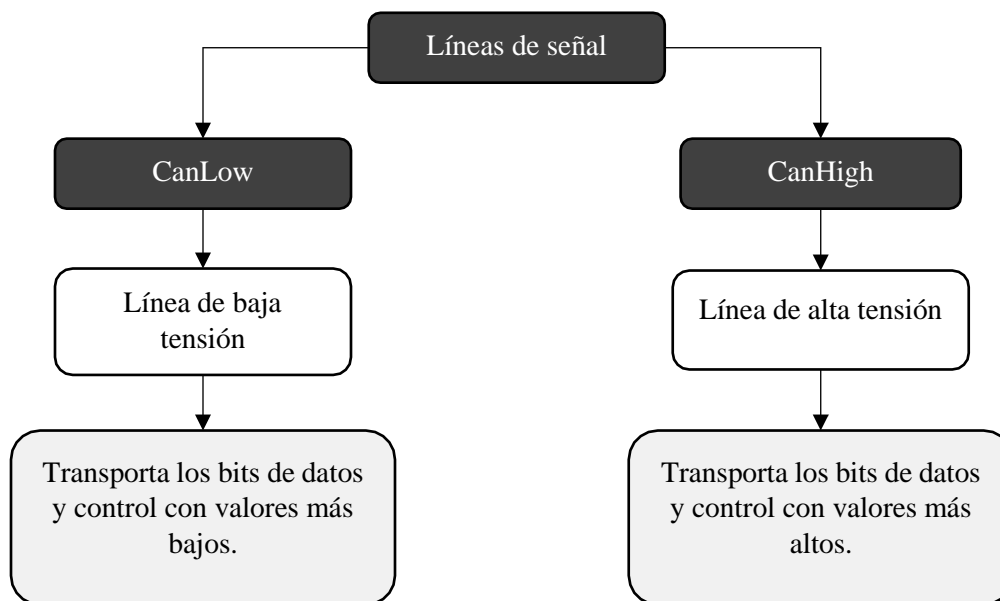
Figura 10

Estructura del CanBus



Fuente. ISO11898-2

En el estándar ISO 11898, CanLow y CanHigh son dos líneas de señal que se utilizan en un bus CAN (Controller Area Network) para la transmisión de datos de manera bidireccional, cada línea funciona para valores de baja y alta tensión, como se relaciona en la Figura 11.

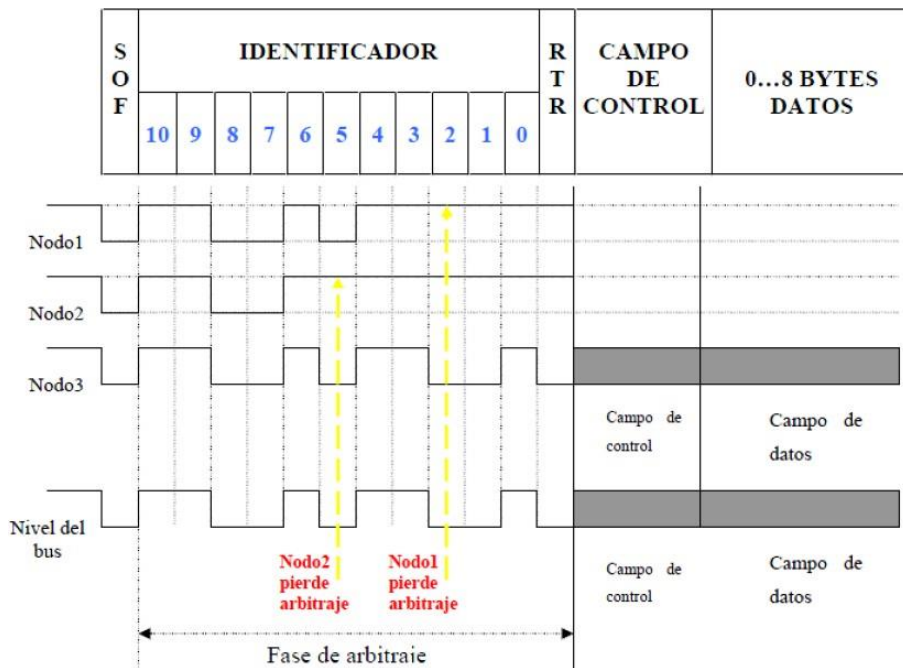
Figura 11*Conceptos de Líneas CanBus**Fuente.* El autor.

comunicación en el bus CAN lleva a cabo mediante la técnica llamada comunicación diferencial; esto quiere decir que los datos se transmiten con la diferencia de tensión entre CanHigh y CanLow. Esta técnica ayuda a reducir la susceptibilidad al ruido electromagnético y mejora la inmunidad al ruido, lo que hace que el bus CAN sea robusto y adecuado para entornos automotrices.

La funcionalidad de CanLow y CanHigh tiene como objetivo una comunicación confiable y eficiente entre los dispositivos conectados al bus CAN. Estas líneas de señal facilitan la transmisión de datos y mensajes entre los diferentes nodos en la red CAN (ver Figura 12), lo que permite el intercambio de información en tiempo real y el control de sistemas distribuidos.

Figura 14

Proceso de Arbitraje del Canbus con Tres Nodos Simultáneos



Fuente. Espe. (2022)

Para comprender la participación de cada segmento en la construcción de señal CanBus, se describe cada uno de ellos con su concepto en la Tabla 5.

Tabla 5*Conceptos de los Segmentos de Datos CAN*

Segmento	Descripción
Start of Frame (bits de inicio y fin de trama)	Cada trama CAN comienza con un bit de inicio dominante (0) y termina con siete bits recesivos (1). Estos bits sirven para sincronizar todos los nodos en el bus.
Abitration Field (Campo de Arbitraje) Identificador	Este campo indica la prioridad y la dirección del mensaje. Puede ser de 11 bits (CAN 2.0A) o 29 bits (CAN 2.0B). Los mensajes con IDs más bajos tienen mayor prioridad.
Control (campo de control)	Contiene información sobre la longitud de los datos y si el mensaje es estándar o remoto.
Data (segmento de datos)	Es donde se transporta la información del mensaje, con una longitud variable que puede ser de hasta 8 bytes.
CRC (Cyclic Redundancy Check) Verificación de redundancia cíclica	Se utiliza para detectar errores en la transmisión de datos. Es un valor calculado sobre los bits de identificación, control y datos.
Delimiter (bit de delimitación de campos)	Marcan el final de los campos de datos y CRC.
End on frame (Bit de relleno)	En algunos casos, se pueden agregar bits de relleno para garantizar que la longitud de la trama sea un

Segmento	Descripción
	múltiplo de la unidad de datos (normalmente 8 bits).

Fuente. El autor. Descripción de los segmentos Canbus.

De los segmentos descritos anteriormente, se destacan los dos segmentos principales, uno que es el identificador y el otro que contiene los datos los cuales permiten enviar y responder mensajes del CanBus.

Características de Identificador. El identificador CanBus también es conocido como PGN (número de grupo de parámetros), este permite identificar los dispositivos CAN de la red, la longitud del identificador es entre 11 (estándar) y 29 (extendido) bits según el protocolo Can usado.

Características del Segmento de Datos. Estos datos hacen referencia a la información real del sensor, la longitud o tamaño de los datos puede variar entre 0 y 8 bytes, los cuales determinan el código de longitud de datos.

Con los valores del identificador y el segmento de datos, se obtienen los valores de cada variable a medir, obtenida desde la señal CanBus, por ejemplo, como se detalla en la Figura 15, los valores de bits del identificador y del segmento, se convierten en valores asociados al estado de los frenos (identificador) por valores de porcentaje de vida útil (segmento).

Figura 15

Estado de frenos. CanBus desde el computador a bordo de un vehículo eléctrico

```
src/canBus.cpp->printCanData->2836: Brake pad wear F_L = 36.000 Perc
src/canBus.cpp->printCanData->2837: Brake pad wear F_R = 58.000 Perc
src/canBus.cpp->printCanData->2838: Brake pad wear R_L = 70.000 Perc
src/canBus.cpp->printCanData->2839: Brake pad wear R_R = 72.000 Perc
```

Nota. Valores de frenos por posición, transformados del módulo CANBUS Vehículo BYD.

Protocolos de Comunicación SAE J1939 para Vehículos Eléctricos

El protocolo SAE J1939 se convirtió en el estándar de fabricación aprobado basado en CAN de capa superior, el cual lleva la comunicación entre unidades de control electrónico (ECU) y unidades sensoriales, intercambiando datos que incluyen el estado del motor, disponibilidad de carga de energía, velocidades, temperaturas, entre otros datos.

El protocolo SAE J1939 fue diseñado con el objetivo de mejorar la red permitiendo la comunicación de mensajes de longitud ilimitada (mayor velocidad de transmisión y más datos) de manera controlada, es usado en los sistemas de telemetría vehicular, ya que estos exigen una alta velocidad de transmisión, con bajos porcentajes de latencias.

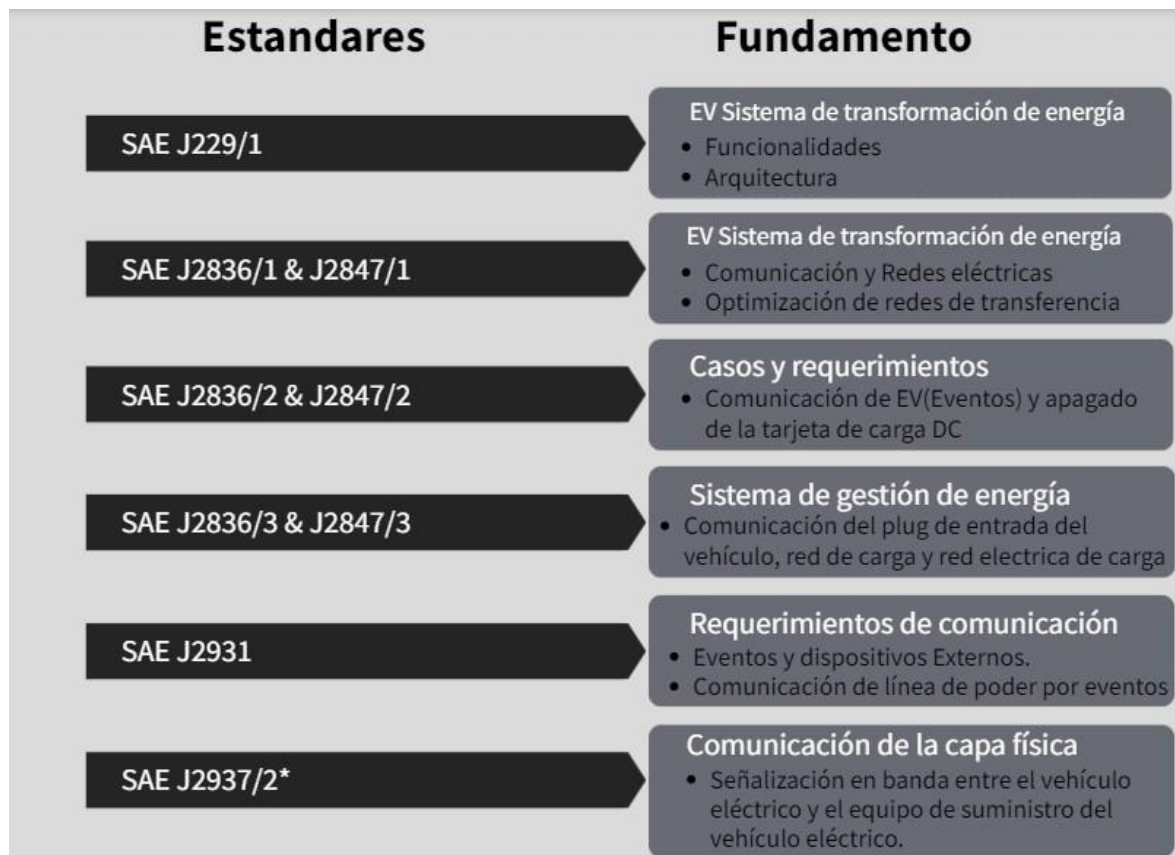
Según las características de los protocolos SAE y MODBUS⁴, la información es transmitida por medio del CAN en un formato de 29 bits, el protocolo MODBUS se implementa en los módulos de potencia de los cargadores, por la implementación en su diseño de convertidores AC a DC o viceversa.

Los estándares de comunicación para vehículos y estaciones de carga son diseñados con base a los requerimientos técnicos de la sociedad de ingenieros automotrices (SAE), los cuales se detallan en la Figura 16.

⁴ MODBUS: Protocolo de comunicaciones de automatización industrial, basado en arquitectura maestro/esclavo o cliente/servidor, facilitando una comunicación rápida y garantizada en dispositivos de automatización.

Figura 16

Estándares SAE que Regulan la Carga en Vehículos Eléctricos



Fuente. El autor.

Gestión de Energía del Vehículo con Control de Potencia

En la gestión de energía en vehículos eléctricos, la Unidad de Control de Energía (PCU) y el Módulo de Gestión de Energía del Vehículo (VEM) trabajan en conjunto. El VEM calcula la potencia del motor eléctrico según la aceleración del usuario y estima la carga de la batería. La PCU suministra energía a los motores mediante convertidores de potencia. Las unidades de control del motor (ECU) miden parámetros como la aceleración, condiciones ambientales y transmiten detalles a otros componentes para garantizar condiciones de trabajo óptimas. El módulo de control de energía (también denominado módulo de personalidad) configura el nivel

de carga de la batería y variables de control por medio de la comunicación del CAN con la ECU. El módulo de instrumentación del vehículo muestra el estado de salud de la batería y activa las advertencias. El acceso de prueba al Sistema de Gestión de Batería (BMS) se realiza a través de un bus serie RS232 o RS485, permitiendo no solo probar los dispositivos si no, configurar parámetros, además se puede recuperar información histórica de la batería.

Protocolo SAEJ1939 CanBus: Carga del Vehículo

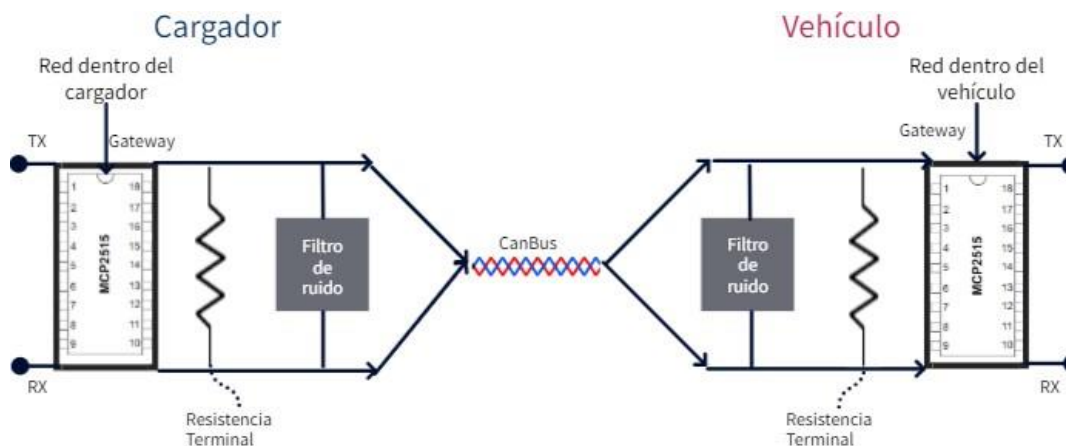
El sistema de carga del vehículo puede ser interno o externo, si es interno, este estará diseñado para el modelo del vehículo y las características de la batería, la batería se puede recargar realizando la conexión al puerto de carga.

Para el caso del cargador externo, se requiere una comunicación con el sistema de control de baterías, y aunque el protocolo de comunicación del cargador puede ser diferente al del vehículo debe ser compatible y cumplir con las características de carga que requiere el vehículo, sin embargo, por los estándares relacionados al diseño de cargadores, estos deben ser compatibles, se deben adaptar a múltiples tecnologías y estándares de Sistema de Gestión de Batería (BMS); el tipo de carga externa proporciona mejores beneficios a nivel de gestión de carga, menor peso en el vehículo y mejor rendimiento.

En la Figura 17 se muestra la implementación del protocolo de comunicación CanBus, interconectando al sistema de carga al vehículo.

Figura 17

Circuito de Comunicación Canbus para Carga



Fuente. El autor.

Modelo SOC de Batería

El sistema de carga reporta el evento de inicio y fin de carga en los vehículos, además de comunicar a las interfaces visuales el porcentaje Estado de Carga (SOC-State of Charge) durante su proceso de carga y descarga.

El modelo de batería SOC es como un cerebro que ayuda a entender cómo se comporta una batería en diferentes situaciones. Guarda información sobre lo que ha pasado en el pasado para predecir cómo estará la batería en el futuro. Esto sirve para saber cuánta energía le queda a la batería de un carro eléctrico y cuánto se puede recorrer antes de tener que cargarla de nuevo. El modelo usa datos de sensores en el carro para hacer estos cálculos.

El nivel de carga de la batería, llamado SOC, se calcula teniendo en cuenta, cuánta corriente ha entrado y salido de la batería en un tiempo y restando la carga máxima que puede tener la batería. También se tiene en cuenta la energía usada y la distancia recorrida. Este cálculo es muy importante para los carros eléctricos porque la batería es su única fuente de energía.

Si una parte de la batería falla, el sistema puede usar la parte buena de la batería para seguir funcionando, aunque con menos potencia.

Protocolo de Comunicación SAE J1708

Este protocolo es un estándar de comunicación, el cual es usado en vehículos comerciales y de carga pesada, permite la comunicación entre los sistemas electrónicos de un vehículo, transmiten en sí, códigos de avería y mensajes de advertencia, las líneas de este protocolo se usan para realizar las diagnósicos de los equipos, en caso de que este fallando la comunicación SAE J1939, esta línea permite la continuidad de la transmisión de los datos.

La conexión de esta línea es mediante un cable par trenzado, usado en la industria automotriz, con características que permiten reducir la interferencia, mejorando la calidad de la señal transmitida, lo que permite que este protocolo transmita información con una velocidad de 9600 bits por segundo (bps), su conexión es a la red del vehículo, esto quiere decir que varios componentes del vehículo comunican por medio de este protocolo, es por ello que su función principal está relacionada con el diagnóstico de los vehículos, y aunque actualmente se usa este protocolo, es posible que sea totalmente reemplazado por el SAE J1939 el cual se considera un estándar más moderno, en muchos casos de implementación, los dos protocolos trabajan integrados.

El estándar, maneja un formato de mensaje como se detalla en la Figura 18.

Figura 18

Formato de Mensaje Protocolo SAE J1708

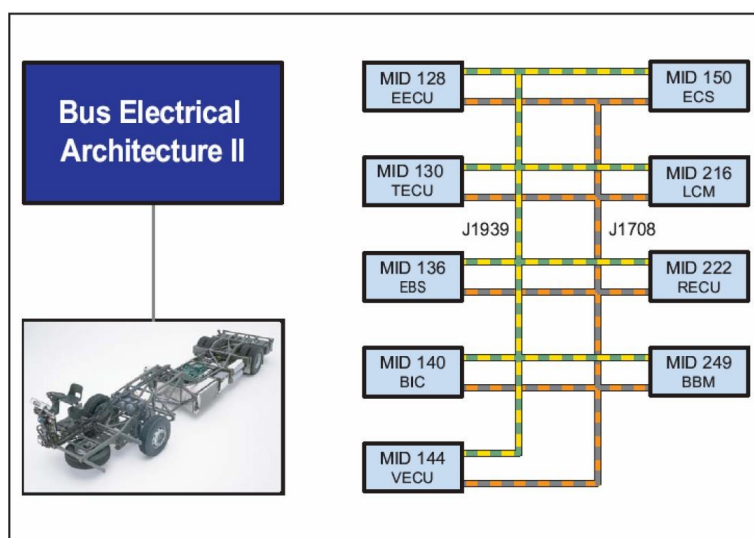


Fuente. El autor.

En la arquitectura de implementación, se detallan dos líneas de conexión, cada una de ellas basadas en los estándares J1939 y J1708, como se detalla en la Figura 19, además estas se comunican al controlador con microprocesador integrado, el cual transmite al módulo Canbus para la comunicación serial a los dispositivos de lectura como se muestra en la Figura 20.

Figura 19

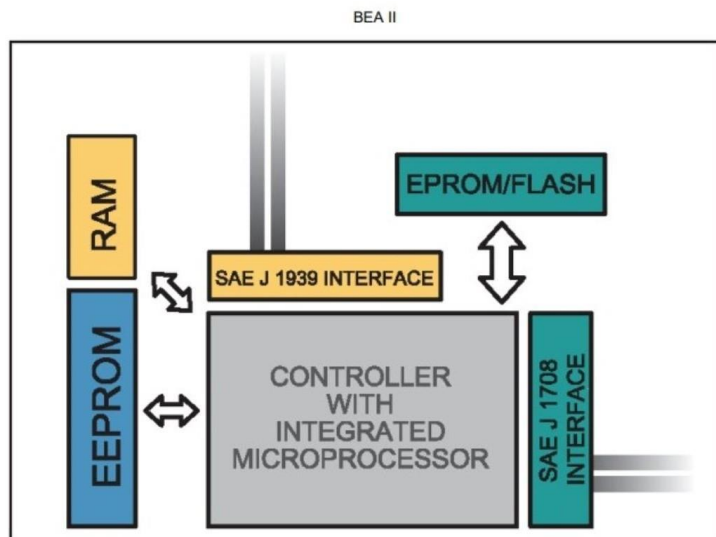
Arquitectura Eléctrica del CanBus



Fuente. Volvo 2007.

Figura 20

Conexión de Líneas SAE al Controlador Conversor A-C/D-C



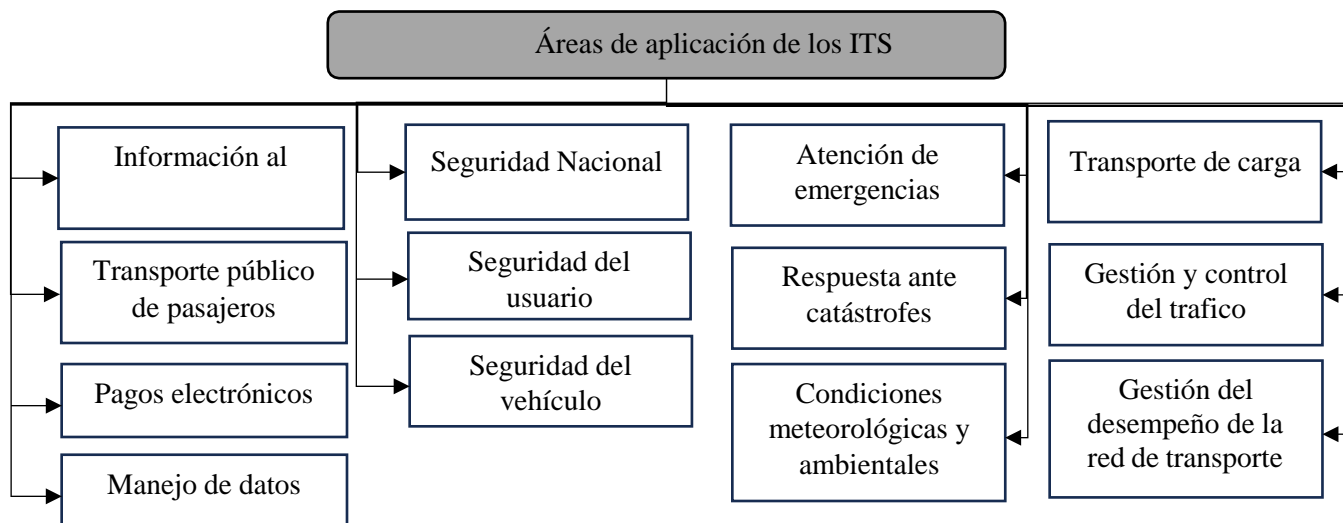
Fuente. Volvo 2007.

ISO14813-1: Sistemas Inteligentes de Transporte

Esta norma describe los servicios principales que debe tener una implementación de ITS, estos servicios se agrupan en dominio de servicios ITS, los cuales se convierten en áreas las cuales deben ser implementadas acorde a la norma. La versión ISO14813-1 muestra la relación entre los diferentes servicios ITS, además amplió los servicios con otros que no estaban disponibles, dentro de los cuales se encuentran la disponibilidad de servicios para usuarios. En la Figura 21 se muestran las áreas de aplicación de la norma en los ITS.

Figura 21

Áreas de Acatamiento ISO14813-1 en los ITS.



Fuente. El autor. Basado en la información del Ministerio de Transporte

Esta norma es usada para ideas de implementación en el sector de transporte y desarrollo de nuevos estándares que amplían la variedad de servicios.

Para el caso de implementación, la norma proporciona información de servicio al detalle, en la cual se pueden implementar tecnologías de arquitectura basadas directamente en servicios y funciones específicas.

Para el caso de desarrollo de estándares, esta norma es aplicable en grupos de trabajo de ISO TC204 y comités técnicos que desarrollan estándares para el sector transporte lo que incluye a los ITS, tránsito, gestión intermodal de carga y flotas; esta norma hace aportes y contribuciones proporcionando información y explicación de servicios que sirven como base para desarrollar nuevas normas.

En si la norma ISO14813-1 es de consulta e información, ya que, integra referencias de servicios y arquitectura de manera cohesiva, con interoperabilidad y usando definiciones de datos comunes, lo que se resume en "...casos de uso", "necesidades del usuario" o "requisitos de servicio del usuario".” (Iso.org. 2024)

Protocolo MQTT Message Queuing Telemetry Transport (Protocolo de telemetría y transporte de mensajes)

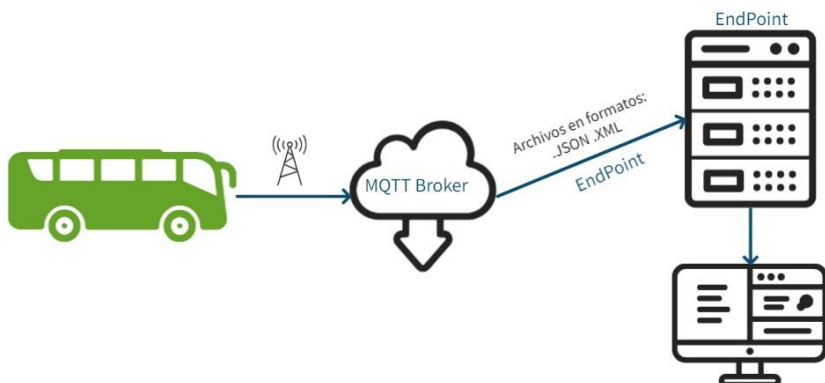
“MQTT es un protocolo de mensajería basado en estándares, o un conjunto de reglas, que se utiliza para la comunicación de un equipo a otro.” Amazon (2021)

Dispositivos implementados en proyectos IoT (en el caso de estudio, sensores vehiculares, cámaras IA entre otros) transmiten y reciben datos a través de una red de recursos restringidos y con un ancho de banda limitado; se implementa el MQTT ya que tiene beneficios como la eficiencia de comunicación y su facilidad de implementación, permitiendo la mensajería entre dispositivos y la nube de manera bidireccional. En la Figura 22 se propone un diseño para la implementación de transmisión de datos desde el vehículo hasta un cliente final, en el cual se relaciona el protocolo MQTT.

Figura 22

Diagrama de Uso del Protocolo MQTT para Transmisión de datos en Sistema de Transporte

Público de Pasajeros



Fuente. El autor.

Protocolo MQTT en Proyectos ITS

Este protocolo tiene grandes ventajas, las cuales son significativas para la implementación de proyectos de ITS, dado que los ITS requieren de proyectos que permitan la transmisión de alto volumen de datos y permita su consulta en tiempo real.

Analizando el caso de estudio, desde un ejemplo, en un caso hipotético, existe una flota de 250 vehículos de transporte a pasajeros, la cual opera durante el día, con 235 vehículos mínimo, haciendo recorridos por la ciudad, cada vehículo opera entre ocho (8) a once (11) horas, multiplicando la cantidad de vehículos operando, por la cantidad de tiempo operando en minutos (pensando en que esta parametrizado de este modo), son más de 148.000 mensajes con información del estado de sensores del vehículo por día, en promedio 14.000 mensajes por hora, es decir que la cantidad de datos generados en una semana son un gran volumen de datos, el peso

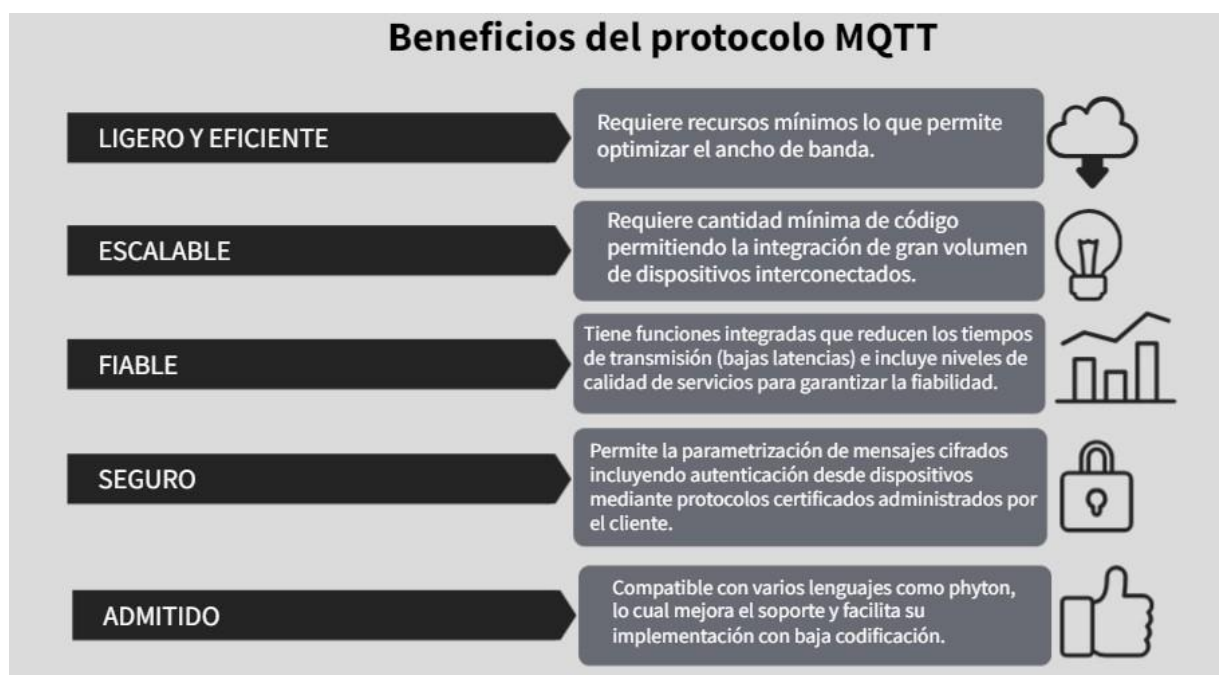
de los datos incrementa significativamente, y no solo el volumen de datos es lo importante en este caso de estudio, si no también lo es asegurar la transmisión de la información, acorde a políticas de tratamiento de datos.

Es por eso por lo que las características del protocolo MQTT, resultan ser una de las mejores opciones. A continuación, en la

Figura 23, se detallan los beneficios y características del protocolo MQTT.

Figura 23

Beneficios del Protocolo MQTT



Fuente. El autor.

Implementación de ITS en Vehículos de Transporte de Pasajeros

En la ciudad de Bogotá, se han venido implementando los sistemas inteligentes de transporte (ITS) desde el año 2012 en los vehículos de transporte público de pasajeros, la primera implementación sucedió con el Sistema Integrado de Recaudo, Control e Información y servicio al usuario (SIRCI), sin embargo, los ITS se han ido robusteciendo con la implementación de sistemas de videovigilancia, llamado también Sistema Tecnológico de Seguridad (STS), sistemas de telemetría vehicular (sensores de cabina y vehículo) y por último sistemas tecnológicos de interacción con pasajeros.

Es por ello por lo que entidades del sector público y privado que se encargan de operar los vehículos de transporte a pasajeros, basan la implementación de estas tecnologías en el estándar ISO 14813-1, integrando la gestión de tráfico y operaciones, el dominio de seguridad nacional y la gestión de sistemas de transporte público asociados a estos propósitos, logrando así interoperabilidad e integración entre ellos.

Toda implementación, inicia por una etapa de estudio que incluye un análisis de los requerimientos de funcionamiento, fases de diseño e implementación, procesos de pruebas de funcionamiento y puesta en marcha, todos estos procesos se estipulan mediante normativas y estándares que garantizan el correcto funcionamiento de los sistemas tecnológicos implementados.

Etapas de Diseño

En la etapa de diseño se integran las tres funcionalidades principales de los sistemas inteligentes de transporte, relacionando cada requerimiento en un sistema que tiene la capacidad de comunicarse entre sí.

Sistema Tecnológico de Seguridad (STS)

El STS, es un sistema de videovigilancia a bordo del vehículo que permite la transmisión en tiempo real, mediante comunicación celular; consta de cámaras de videovigilancia tipo IP y grabadora de video en red Network video recording (NVR).

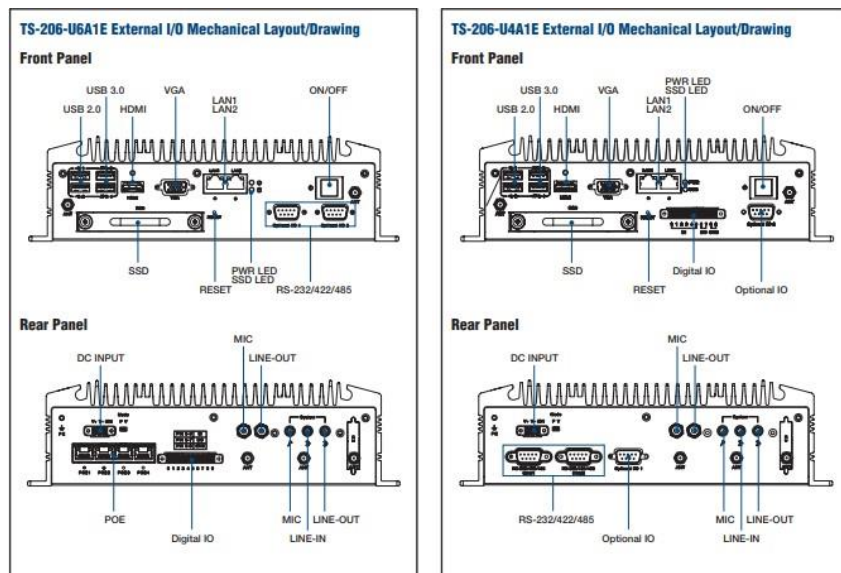
La NVR tiene varias funcionalidades gracias a sus características, aparte de realizar la transmisión de la información de las cámaras, tiene puertos IN/OUT para programar alarmas, audio bidireccional, interfaz de conexión CAN y redes inalámbricas, todo esto acompañado de un software que permite la integración de todas las conexiones.

Características de los NVR (Network Video Recording)

Los NVR que se utilizan en la implementación de sistemas inteligentes de transporte, tienen características que se destacan, dentro de ellas las diferentes conexiones permitidas para la comunicación bidireccional de los componentes complementarios, estas conexiones se relacionan en la Figura 24.

Figura 24

Diseño de Conexiones Externas NVR TS-206 Advantech



Fuente. Ficha de datos TS-206 Advantech. 2024

Este equipo es una herramienta de gran provecho, por sus características funcionales, las cuales se detallan a continuación:

Canales de detección anormal: Usados para cámaras de conductores, donde se puede detectar fatiga, distracción, entre otros comportamientos configurables.

LPR (Reconocimiento automático de placas de matrícula): Configurable para la detección de objetos.

HDD (Hard Disk Drive)/SSD (Solid State Drive): Discos duros incorporados con tecnología de amortiguación, sin susceptibilidad a vibraciones.

Módulos de conexión: 3G/4G, modulo wifi, con transmisión de datos bidireccional, además de modulo GPS El cual proporciona la geolocalización del vehículo en tiempo real.

Interfaces de recopilación de información: Recepción de señales del CanBus (velocidad, giros, frenado, sentido de marcha, entre otros)

Configuración de apagado: Configurar encendido y apagado del sistema, incluso, en la configuración se puede determinar que funcionalidades quedan activas en ciertos momentos del día.

Protección de apagado: Sistema de regulación de apagado y encendido que protege el dispositivo de pérdidas de información o desconfiguración a causa de apagados inesperados.

Acceso a internet: Permite acceso a través de navegadores de red.

Robusto: Carcasa o chasis robusto para operaciones exigentes.

Cámara de Comportamiento

Las cámaras de comportamiento ofrecen grandes beneficios para el análisis de comportamiento del operador, gracias a tecnologías de reconocimiento facial y detección de comportamiento, por medio de un algoritmo se pueden medir los comportamientos de los operadores detectando movimiento ocular y corporal, convirtiéndolos en alertas visuales y auditivas (sistema que interactúa con los demás dispositivos).

La combinación de tecnologías como visión por computadora de Inteligencia Artificial (IA) y protocolos de comunicación avanzados, permiten que estas cámaras capturen información, la analicen y transmitan de manera eficiente, lo que permite obtener información valiosa para la investigación, seguridad del sistema y optimización de algunos procesos según la aplicación que se le dé.

Tecnologías Usadas en Cámaras de Comportamiento

Permiten la distinción de comportamientos, cuando se habla de tecnología, se comprende la relación de implementaciones de hardware y software, las cuales permiten este tipo de integraciones. Las tecnologías se describen en la Tabla 6.

Tabla 6

Tecnologías Usadas en Cámaras de Comportamiento

Tecnología	Características
Visión por computadora	Implementación de algoritmos que pueden detectar objetos, patrones, movimientos, logrando una interpretación de las imágenes obtenidas.
Redes Neuronales Artificiales CNN (Redes Neurales Convolucionables)	Las redes neuronales convolucionales se entrenan para tareas de reconocimiento de objetos, detección y seguimiento de movimientos, cambios en un espacio o área, entre otros.
Procesamiento de señales	El procesamiento en señales se usa para extraer y analizar información de las señales de video capturadas por la cámara. Estas señales pueden incluir patrones de comportamiento y extracción de características importantes para el análisis.
Protocolos de comunicación	Usando protocolos de comunicación estándar como TPC/IP ⁵ se puede transmitir datos a los sistemas de

⁵ TPC/IP: Protocolo de transmisión que permite la comunicación entre computadores de una red.

Tecnología	Características
monitoreo y análisis.	

Fuente. El autor. Características de tecnologías que se usan en la implementación de análisis de conducta en cámaras de operador.

Protocolos de Comunicación

Existen varios protocolos de comunicación usados para obtener información de cámaras de analítica, los cuales varían según el método de análisis que se vaya a aplicar, a continuación, en la Tabla 7, se detallan los protocolos usados y sus características principales.

Tabla 7*Protocolos de Comunicación, Cámaras de Analítica*

Protocolo	Características
TCP/IP	Usado en la analítica de cámaras de comportamiento, este protocolo permite enviar secuencias de videos y datos analíticos, transmitiendo datos a través de redes de computadoras.
RTSP (Protocolo De Transmisión En Tiempo Real)	Este protocolo se usa para transmisión en tiempo real por medio de redes IP. Las cámaras de comportamientos son compatibles con RTSP, permitiendo la transmisión en tiempo real con sistemas de monitoreo y grabación.
MQTT (Protocolo De Telemetry Transporte De Mensajes)	En las implementaciones realizadas en Bogotá, el protocolo MQTT es el más usado para estos fines. Este protocolo de mensajería está diseñado para aplicaciones IoT (Internet de las cosas), se implementa con cámaras de comportamiento que utilizan el MQTT para enviar datos analíticos a sistemas de gestión o plataformas de análisis en la nube.

Fuente. El autor. Protocolos de comunicación usados en tecnología de cámaras de comportamiento.

Aplicaciones IA en Cámaras de Comportamiento

La Inteligencia Artificial (IA) para la analítica de datos, se ha convertido en la herramienta principal de la implementación, ya que permite parametrizar ideas con propósitos específicos, en el caso de cámaras de comportamiento, en la Tabla 8 se detallan tecnologías IA con sus características principales, permitiendo comprender como se usan para el propósito del caso de estudio.

Tabla 8

Aplicaciones IA en Cámaras de Comportamiento

Tecnología	Características
Detección de objetos	La IA se ha implementado para la detección de objetos mediante captura de imágenes, las cuales distinguen entre personas, vehículos, animales etc.
Reconocimiento facial	Usando algoritmos, la IA realiza reconocimiento facial, el uso de estos algoritmos en las cámaras permiten identificar personas.
Análisis de sentimientos	La IA se ha implementado para la detección de sentimiento y/o emociones, en cámaras de comportamiento esto permite detectar cansancio, felicidad, distracción entre otros.
Seguimiento de movimientos	La IA se ha implementado para realizar seguimiento preciso de los movimientos, esto permite la monitorización de comportamientos en entornos específicos.

Fuente. El autor. Características de aplicaciones de cámaras IA.

Sistema de telemetría vehicular (caso de estudio)

Los sistemas de telemetría vehicular implementados en Bogotá permiten la transmisión de datos en su mayoría de aplicaciones mediante el protocolo MQTT, toda la información es transportada de manera eficiente y segura, en tiempo real, con diferencias de conexión por latencias o coberturas de red.

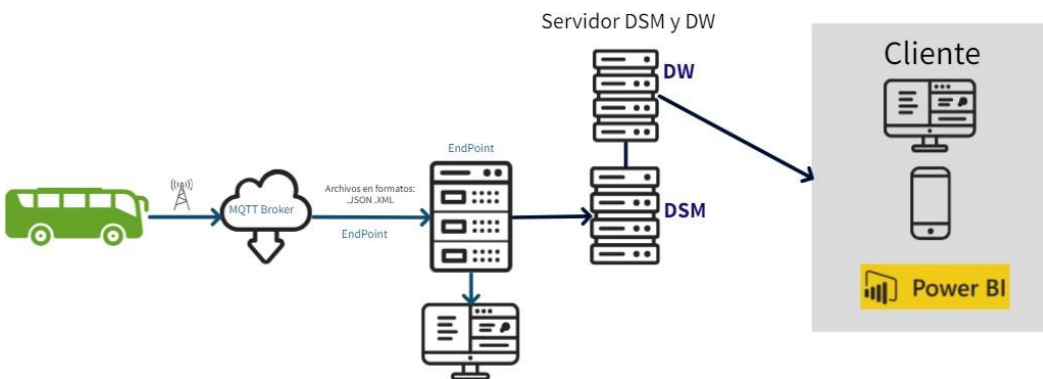
La data transportada, envía datos de todo lo que pasa en el vehículo durante el tiempo de operación, por lo que información de sensores de vehículo, cámaras de comportamiento, geolocalización, se empaquetan en un mensaje cifrado enviado por medio de conexión LTE a un servidor, el cual se parametriza para recibir la información y realizar un tratamiento que permita el análisis mediante objetos visuales, para que esto sea posible, es necesario realizar la conexión entre el servidor y la cola de mensajería configurada desde los dispositivos a bordo del vehículo, una vez, esta conexión esta parametrizada va a permitir la consulta en tiempo real, la cual toma las variables que se desean consultar, desde una aplicación de analítica como PowerBi, Looker Studio entre otras, las cuales tiene como base de consulta el enlace de conexión al servidor.

Para comprender mejor el proceso de Análisis de datos, es importante tener en cuenta el capítulo “Regulación y normativa para los ITS” donde se ampliaron conceptos en el cual se trató el protocolo MQTT, en el desarrollo de la temática, se explicó mediante un diagrama el proceso de comunicación de los datos del vehículo hasta un endPoint⁶, por medio de una estructura de Big Data se puede obtener la información para análisis, en la Figura 25 se presenta una idea de implementación de proyecto, donde se muestra la arquitectura de un sistema de recolección de datos.

⁶ EndPoint: Son puntos finales del destino en una red donde se puede acceder a cierta información o interactuar con algún sistema, esta conexión se da mediante URLs (Uniform Resource Locators) que permiten la interacción mediante protocolos de comunicación establecidos (HTTP o HTTPS)

Figura 25

Diseño de Arquitectura de Conexión de Datos, Proyecto Big Data



Fuente. El autor.

En la Figura 25 se visualiza una infraestructura compuesta por servidores Data Warehouse (DW, almacén de datos) y Data Management System (DMS– sistema de gestión de datos), el Sistema de Gestión de Datos (DMS) es un software o conjunto de herramientas para gestionar la entrada, almacenamiento, procesamiento y salida de datos, desde allí se parametriza la integración y seguridad de los datos, también permite la configuración de bases de datos, control de versiones, gestión de documentos, y otros procesos que requiera el proyecto; el almacén de datos (DW) permite el almacenamiento y la gestión de gran volumen de datos, organizándolos de manera estructurada lo que permite la facilidad en el análisis y la generación de informes, además permite parametrizar el resguardo de información histórico.

Equipamiento de Sensores en Vehículos

Partiendo de la definición de sensor, desde su funcionalidad (ver Figura 26), se dice que el sensor convierte una magnitud física a magnitudes eléctricas para que puedan ser entendidas por las unidades de control, esta señal eléctrica de salida puede darse en unidades de medida como corriente o tensión, los cuales se convierten en parámetros eléctricos como resistencia,

potencia, capacidad, inductancia y resistencia, también se definen valores de amplitud, frecuencia, periodo y fase oscilación eléctrica.

Figura 26

Funcionamiento del Sensor



Fuente. El autor.

Existen dos tipos de sensores, el sensor elemental y el sensor integrado, el sensor integrado cuenta con una arquitectura más completa, la cual no solo cuenta con el receptor de unidad de medida, sino que también se equipa de componente que permiten el tratamiento de la señal para que sea más comprensible para la unidad de control.

Para los sensores elementales, se pueden adaptar circuitos de adaptación que permiten la lectura de las señales y se ajustan a los protocolos de comunicación de sistema de control.

Clasificación de Sensores Automotrices

La clasificación de los sensores se define teniendo en cuenta varias características, estas características están dadas por la funcionalidad y aplicación del sensor, también por el tipo de señal de salida.

A continuación, se detalla la clasificación de sensores:

Según función y aplicación: Dentro de las características de un sensor, se debe tener en cuenta la funcionalidad y aplicación de implementación. Se clasifican entre sensores funcionales, de seguridad y estado del vehículo.

Los sensores funcionales son usados para tareas de mando y regulación.

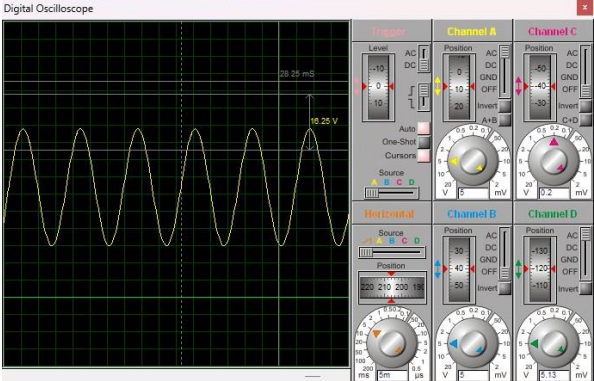
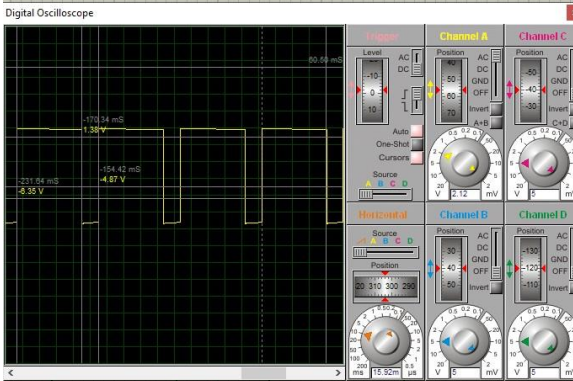
Los sensores de seguridad son usados como lo dice su nombre, con fines de seguridad, lo cual incluye protección antirrobo y sensores de conducta operacional (sensores de giro, aceleración entre otros).

Los sensores de estado del vehículo permiten conocer información relacionada al estado de los componentes internos, como desgaste de frenos, magnitudes de consumo de combustible entre otros.

Según la señal de salida: Los sensores se clasifican según la señal de salida, como se detalla en la Tabla 9.

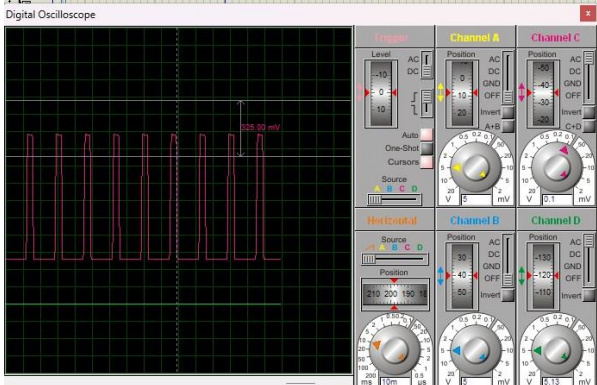
Tabla 9

Clasificación de Sensores Según la Señal de Salida

Tipo de salida	Características	Imagen
Analógica	<p>Proporcional señal analógica. Ver Figura 27</p> <p>Ejemplo: señal de caudal, presión, temperatura.</p>	<p>Figura 27</p> <p><i>Señal Analógica</i></p> 
Digital	<p>Señal digital, ver Figura 28 ejemplo: Señal conmutada o señales digitales de impulso.</p>	<p>Figura 28</p> <p><i>Señal Digital</i></p> 

Fuente. Autor. Señal obtenida desde el software proteus

Fuente. Autor. Señal obtenida desde el software proteus

Tipo de salida	Características	Imagen
Pulso	Señales de pulso. ver Figura 29 Ejemplo Sensores inductivos, usados en la obtención de datos de revoluciones.	<p data-bbox="824 373 959 405">Figura 29</p> <p data-bbox="824 447 1016 478"><i>Señal de Pulso</i></p> 

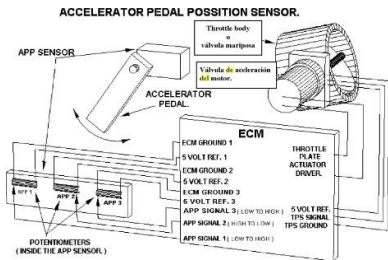
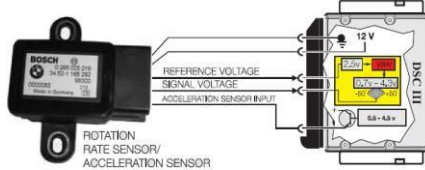
Fuente. Autor. Señal obtenida desde el software proteus

Fuente. El autor. Clasificación de señales, imágenes obtenidas desde el software proteus.

En la Tabla 10 se detalla información de sensores principales utilizados en la implementación del caso de estudio, sus funcionalidades y características principales.

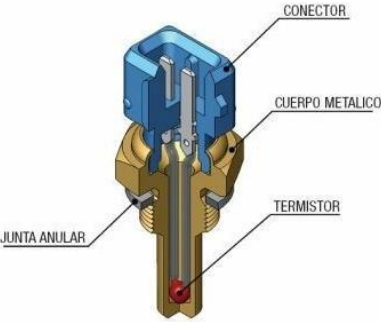
Tabla 10

Tipos de Sensores Usados en el Caso de Estudio


Sensor	Características	Imagen
Sensores de Motor y Transmisión		
Sensor de posición del acelerador	<p>Este sensor tiene potenciómetros (ver Figura 30) que varían la señal de voltaje entregada según la posición del acelerador (a medida que se oprime), usualmente son tres (3) las señales una por cada potenciómetro, las cuales varían simultáneamente, dos de ellas varían inversamente.</p>	<p>Figura 30 <i>Sensor de Posición del Acelerador.</i></p> 
Sensor de velocidad rotacional	<p>Este sensor mide la velocidad angular de un vehículo sobre su eje vertical en grados por segundo, generando alertas de giros bruscos.</p>	<p>Figura 31 <i>Sensor de Velocidad</i></p> 

Fuente. Autodiagnosicsandpublishing.com (2024)

Fuente. Ingeniería y mecánica

Sensor	Características	Imagen
	(ver Figura 31)	<i>automotriz (2020)</i>
<p>Sensor de temperatura motor</p> <p>El sensor de temperatura (ver Figura 32) está diseñado con una resistencia de temperatura variable, su coeficiente es negativo y su función es monitorear la temperatura del refrigerante del motor, según el dato obtenido, se pueden vincular funciones como encender ventiladores si se requiere. Sin embargo, el valor de resistividad la cual varía entre 200Ω y 5000Ω entrega valores de 0V a 5V como señal de salida para la computadora a bordo.</p>		<p>Figura 32</p> <p><i>Sensor de Temperatura Motor</i></p>  <p><i>Fuente. Ingeniería y mecánica automotriz (2020)</i></p>
<p>Sensor de desgaste de Frenos</p>	<p>Permite identificar la vida útil de las pastillas de</p>	<p>Figura 33</p> <p><i>Sensor de Desgaste de Frenos</i></p>

Sensor	Características	Imagen
Sensor de nivel de carga	<p>freno, existen eléctricos y mecánicos, estos últimos están integrados con los frenos conectados a la cuña de la pastilla, ubicada en la placa de respaldo, cuando el metal del sensor entra en contacto con el rotor empieza a indicar el estado de desgaste del freno. (ver Figura 33)</p> <p>Este sensor mide corriente, voltaje y temperatura de baterías mediante un algoritmo de detección de estado del batería integrado en el sensor que calcula la carga a partir de los parámetros básicos. (ver Figura 34)</p>	 <p>Diagrama de un sensor de freno. Muestra un ferodo, una resistencia, un soporte de la pastilla, un disco de freno, un sensor, un primer filamento, un segundo filamento y una unidad de DSC.</p>
		<p>Fuente. Blogs Mecánicos (2020)</p>
		<p>Figura 34</p> <p><i>Sensor de Estado de Carga</i></p>  <p>Diagrama de un sensor de estado de carga. Muestra funciones de detección de estado de la batería (BSD) y características de la batería. Las funciones incluyen predicción de carga (SOC), predicción de voltaje (SOF) y envejecimiento de la batería (SOH). Las características incluyen estado de carga (SOC), estado de función (SOF) y estado de salud (SOH).</p>
		<p>Fuente. Ingeniería y mecánica automotriz (2020)</p>

Sensor	Características	Imagen
<p>Sensor de carga por eje</p>	<p>Estos sensores miden la fuerza de carga aplicada (ver Figura 35) sobre ellos, se ubican en el eje de tracción y según la deformación del eje se ejerce una presión aplicada sobre el sensor, el cual en principio arroja valores de resistencia, pero el valor que llega al computador abordo es esa resistencia calculada en valores de voltaje de 0V a 5 V.</p>	<p>Figura 35</p> <p><i>Sensor de Carga por Eje</i></p>  <p><i>Fuente. Technoton (2024)</i></p>

Fuente. El autor. Características de sensores vehiculares.

Existen otros sensores equipados en los vehículos, los cuales complementan información de estado del vehículo o eventos y alarmas que se den a lugar, como es el caso de sensores de aperturas de puertas, cierre de cinturón de seguridad, sensores de conteo pasajeros, conexión y desconexión de carga, botón de pánico, entre otros.

Sistema Tecnológico de Interacción con Pasajeros

“...Estos vehículos cuentan con cámaras de seguridad, Wifi, puertos USB, así

como plataformas accesibles para personas con discapacidad.” Bogota.gov (2022)

“...Impacto ambiental

En un 37% disminuyeron las emisiones de material particulado en Bogotá, gracias a la renovación de la flota y a la implementación del Sistema Integrado de Transporte Público. Así lo demostró el inventario de emisiones contaminantes atmosféricos 2020, una herramienta de diagnóstico que utiliza la Secretaría de Ambiente para identificar las fuentes que contribuyen a la contaminación de la ciudad. (Bogota.gov 2022)

La flota eléctrica que se ha venido implementando en Bogotá, ha tenido muchos beneficios para los habitantes de la ciudad, más allá de reducir las emisiones contaminantes atmosféricos y prestar un servicio en constante seguimiento que mejora la seguridad de los usuarios, los vehículos del SITP, también cuentan con sistemas que prestan servicios al interior del vehículo, estos servicios son: Cámaras de seguridad que transmiten en tiempo real (ver Figura 36), conexión gratuita por medio de una red WiFi (ver Figura 37) pantallas informativas que muestran información importante para el usuario como la geolocalización en tiempo real y las cámaras en vivo (ver Figura 38), cuentan con puertos USB de carga (ver Figura 39), paneles informativos al interior (ver Figura 40) y exterior del vehículo (ver Figura 41), los cuales informan trazabilidad de la ruta, destino, información de próximas paradas, fecha y hora, sistema de recaudación de pasajes por medio de tarjetas personalizadas.

Figura 36

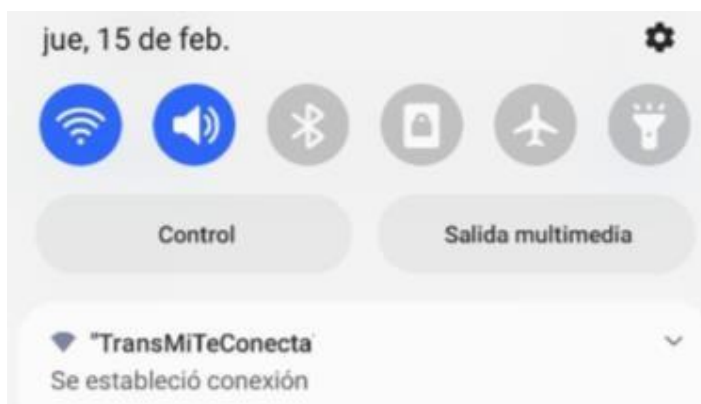
Cámaras en Buses SITP



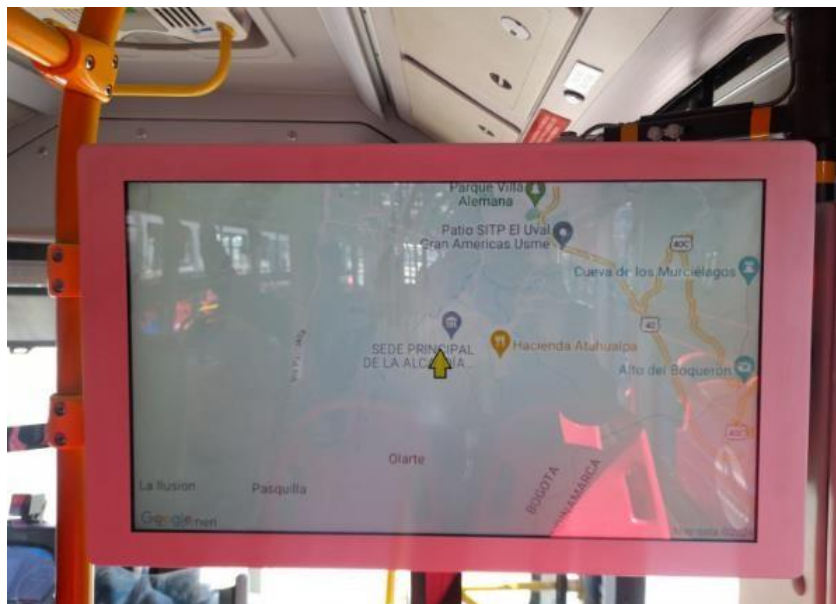
Fuente. Transmilenio.gov 2022

Figura 37

Conexión Wi-Fi Gratuita



Fuente. Imagen tomada del servicio SITP, en calidad de usuario.

Figura 38*Pantalla Informativa*

Fuente. Imagen tomada del servicio SITP, en calidad de usuario.

Figura 39

Puertos USB de Carga



Fuente. Imagen tomada del servicio SITP, en calidad de usuario.

Figura 40

Paneles de Información a Pasajeros



Fuente. Imagen tomada del servicio SITP, en calidad de usuario.

Figura 41

Ruteros Informativos. Transmilenio



Fuente. Transmilenio. YouTube 2020

Análisis de Datos: Gestión de Mantenimiento y Operación

El análisis de datos relacionados a los sistemas inteligentes de transporte, tienen diversas fuentes de información, para el caso de estudio, se realizó la identificación de datos que aportan significativamente a la gestión de mantenimiento y la operación relacionada con la flota de transporte público de pasajeros.

Existen tres procesos, los cuales son los pilares fundamentales para la construcción de análisis que den valor agregado a la gestión de la industria de transporte de pasajeros, los cuales se detallan en la Tabla 11.

Tabla 11*Pilares para el Análisis de Datos en ITS*

	Gestión de la operación	Calificación: Prestación del servicio
Gestión de mantenimiento		
Necesidades de mantenimiento preventivo y correctivo a partir de los sensores del vehículo.	Análisis de conducta operacional por medio de sensores (velocidad, frenado, analítica de cámara de conductor).	Cámaras con analítica de comportamiento, que permiten evaluar situaciones precisas (en vehículos solo esta implementado en las
Análisis de comportamiento de los diferentes repuestos (frenos, temperatura motora, temperatura baterías etc.) donde se determina condiciones que afectan su funcionamiento y datos estadísticos de vida útil.	Kilómetros recorridos odómetros vs Kilómetros pagos (análisis de pérdidas y/o motivos de kilómetros no pagos).	cámaras que van enfocadas al conductor)
Alarmas de falla en tiempo real.	Por medio del sistema de videovigilancia, evaluar conductas de los usuarios que comprometan la integridad de los conductores y la disponibilidad de la flota.	CCTV: Sistema de videovigilancia.

Gestión de mantenimiento	Gestión de la operación	Calificación: Prestación del servicio
Eficiencia energética	Contadores De pasajeros (Ocupación, peso)	

A partir de alarmas de colisión, sensores de conducta operacional y con apoyo del sistema de videovigilancia, se logra un análisis más efectivo del daño a flota, identificando patrones para la toma de decisiones.

Fuente. El autor. Clasificación de los análisis según la gestión.

Basado en la implementación descrita anteriormente, se presentan unos informes gráficos en el software PowerBI los cuales, muestran un análisis para cada una de las áreas participes.

Gestión de Flota

En el análisis de gestión de flota (estado del vehículo), se miden variables que permiten determinar el estado del vehículo, estas variables se registran mediante tramas periódicas de datos, las cuales se registran minuto a minuto, permitiendo un seguimiento continuo en tiempo real, para tomar acciones frente a las novedades que se presenten.

Las variables se pueden evaluar mediante un proceso de análisis de datos haciendo uso de software para ese fin (véase Apéndice A).

En la Figura 42, se muestra un registro de las variables de estado del vehículo y de las variables de conducta operacional, de este modo se puede hacer un reconocimiento de la información obtenida a través del NVR, y como llegan al enlace de datos.

Figura 42

Tramas de Datos (Canbus) Obtenidas Desde el Sistema Tecnológico del Bus

Current Gear	= Neutral	"idVehiculo":	
Seatbelt Status	= Unfastened	"idRuta":	
Brake pad wear F_L	= 17.000 Perc	"idConductor":	
Brake pad wear F_R	= 26.000 Perc	"fechaHoraLecturaDato":	"26/01/2024 08:09:00.032",
Brake pad wear R_L	= 21.000 Perc	"fechaHoraEnvioDato":	"26/01/2024 08:09:01.086",
Brake pad wear R_R	= 22.000 Perc	"tipoBus":	
status Gate1	= Open	"localizacionVehiculo":	{
status Gate2	= Open	"latitud":	"4.532772",
Status Gate3	= Open	"longitud":	"-74.120161"
Left Motor Temperature	= 35 C	},	
Right Motor Temperature	= 35 C	"tipoTrama":	1,
Front Axle Speed	= 0.000 km/h	"tecnologiaMotor":	3,
Acceleration	= 0.000 m/s ²	"tramaRetransmitida":	false,
Total bus Weight	= 13370 kg	"tipoFreno":	2,
Left Motor Speed	= 0 RPM	"codigoPeriodica":	"P60",
Right Motor Speed	= 0 RPM	"temperaturaMotor":	35.00,
Motor Speed Padron	= 0 RPM	"presionAceiteMotor":	null,
Total Mileage	= 168688.980 km	"velocidadVehiculo":	0.000,
Small Mileage	= 3037.060 km	"aceleracionVehiculo":	0.000,
Status Braking Pedal	= Release	"revolucionesMotor":	0.000,
Accelerator Pedal Depth	= 0.000 Perc	"estadoDesgasteFrenos":	17.00,
Vehicle ID Number	= LC06S44S6M4000189	"kilometrosOdometro":	168688.980,
Interior Temperature	= 24.000 C	"consumoCombustible":	null,
Total Voltage	= 532.000 V	"nivelTanqueCombustible":	null,
Total Current	= 1.200 A	"consumoEnergia":	181852,
Status Of Charge Percent	= 89 Perc	"regeneracionEnergia":	125516,
Max Temp Value	= 29 C	"nivelRestanteEnergia":	89.00,
Min Temp Value	= 25 C	"porcentajeEnergiaGenerada":	69.02,
status Of Charge System	= Not charged	"temperaturaSts":	32.00,
Charge Gun Status	= Not connected	"usoCpuSts":	0,
Total Regeneration Energy	= 125516 KWh	"memRamSts":	8,
Total Consumed Energy	= 181852 KWh	"memDiscoSts":	96.00,
Regeneration Percent	= 69.021 Perc	"temperaturaBaterias":	28.00,
		"sentidoMarcha":	0

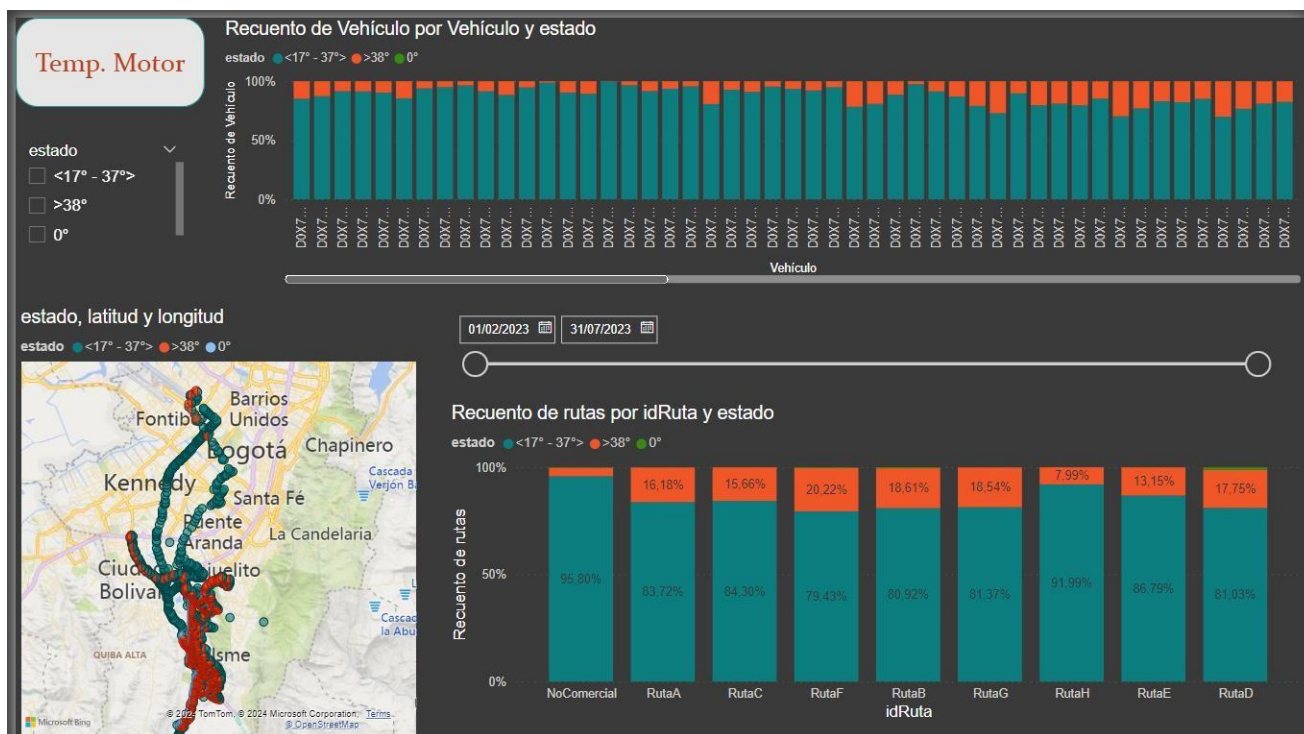
Nota. Datos obtenidos desde una NVR a bordo de un vehículo BYD.

Haciendo uso de herramientas de análisis de datos, se puede compilar la información y hallar factores que influyen en el comportamiento de las variables, por ejemplo en la Figura 43, se puede ver información que afecta temperaturas altas del electromotor, demostrando que la mayor parte de eventos de alta temperatura suceden en zonas montañosas de la ciudad, adicional, la RUTA F, es la ruta que más presenta los eventos, por lo cual, se pueden tomar acciones correctivas sobre el trazado de la ruta, periodicidad del envío de la ruta y comparar con otras variables como el aforo del vehículo o el peso (estos datos también disponibles en el dato proporcionado por la red CanBus), determinando franjas horarias en las cuales se puede

presentar este evento (normalmente horas pico).

Figura 43

Demostración de Tablero de Comportamiento Temperatura Motora



Fuente. El Autor

Integrado con el área de operaciones, el porcentaje de carga del vehículo se puede analizar con el fin de detectar zonas de menor regeneración de energía, mayor consumo de carga y porcentaje de carga.

En la Figura 44, se puede observar las franjas críticas en las que la flota tiene bajo porcentaje de carga, partiendo del análisis se puede mejorar la distribución de las rutas para mejorar los tiempos de carga y evitar bajos niveles de SOC durante las horas operativas.

Se puede apreciar, que dentro de los horarios de las 03:00 pm en adelante los vehículos trabajan con valores entre el 15% y el 30%, pero también se observa que hay vehículos que operan por menos tiempo, por lo que se puede apreciar que trabajan mayor parte del tiempo con

un porcentaje de carga superior al 60%, estos vehículos se pueden cambiar por los otros, con el fin de distribuir mejor el tiempo de operación y las condiciones de carga durante la operación.

Figura 44

Demostración de Tablero de Comportamiento % De Carga (SOC)

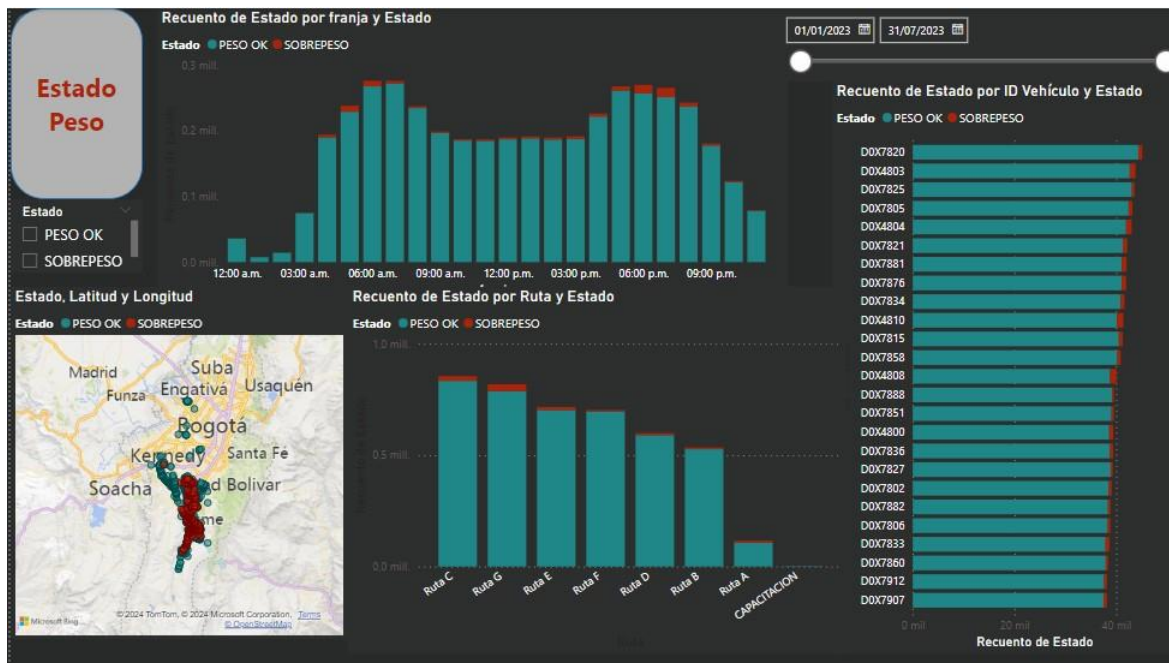


Fuente. El Autor

En la Figura 45 y la Figura 46 se pueden visualizar varios patrones de comportamientos asociados al peso de vehículos, se puede concluir que las franjas horarias asociadas a las horas pico, son las que presentan mayores eventos de exceso de peso (sobrecarga por aforo), adicional se puede asociar la mayor participación de exceso de peso a rutas y trazado de rutas determinadas, la empresa operadora puede tomar decisiones que incluyan incrementar la cantidad de buses en hora pico para rutas específicas, mejorando la eficiencia de los vehículos y reduciendo afectación del vehículo por esta condición.

Figura 45

Tablero de Peso



Fuente. El Autor

Figura 46

Tablero con Filtro por Eventos de Sobrepeso

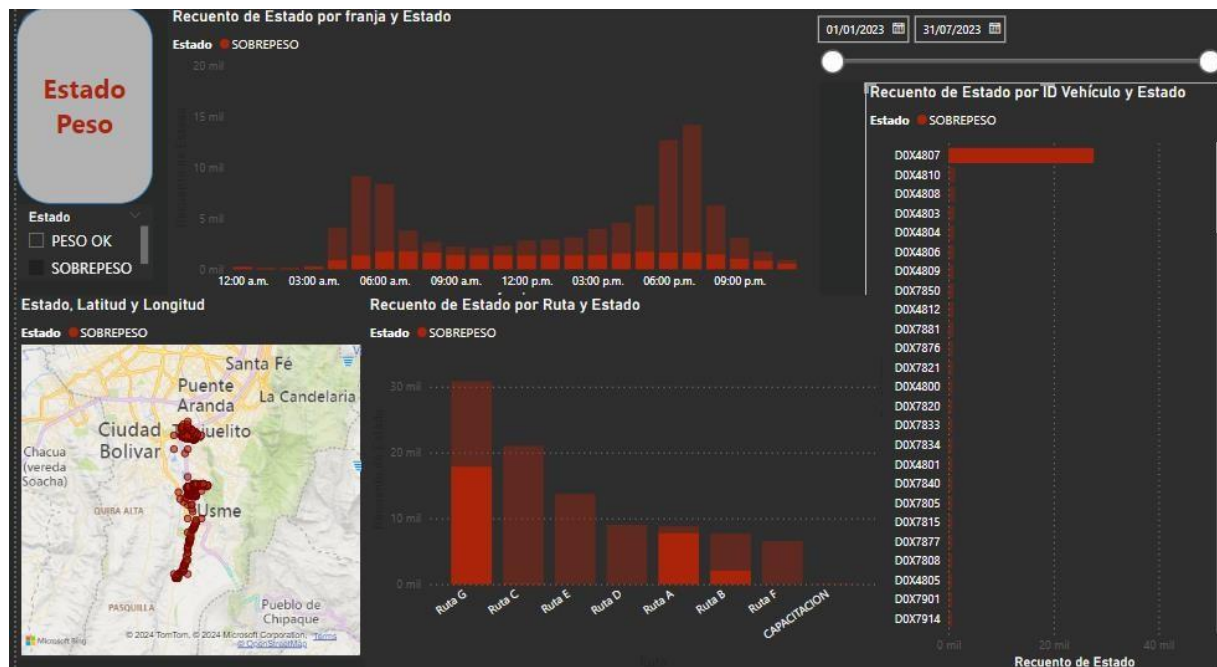


Fuente. El Autor

En la Figura 47, se filtró el vehículo que generó mayor participación del evento de sobrepeso, este vehículo se debe inspeccionar a nivel de sensores de peso, para confirmar su correcto funcionamiento, en caso de que este funcionando adecuadamente, se puede concluir que el vehículo a estado expuesto a condiciones que generan este comportamiento de la variable, por lo que se debe garantizar que el vehículo sea asignado a otras rutas.

Figura 47

Filtro del Vehículo con Mayor Participación en Evento de Sobre Peso



Fuente. El Autor

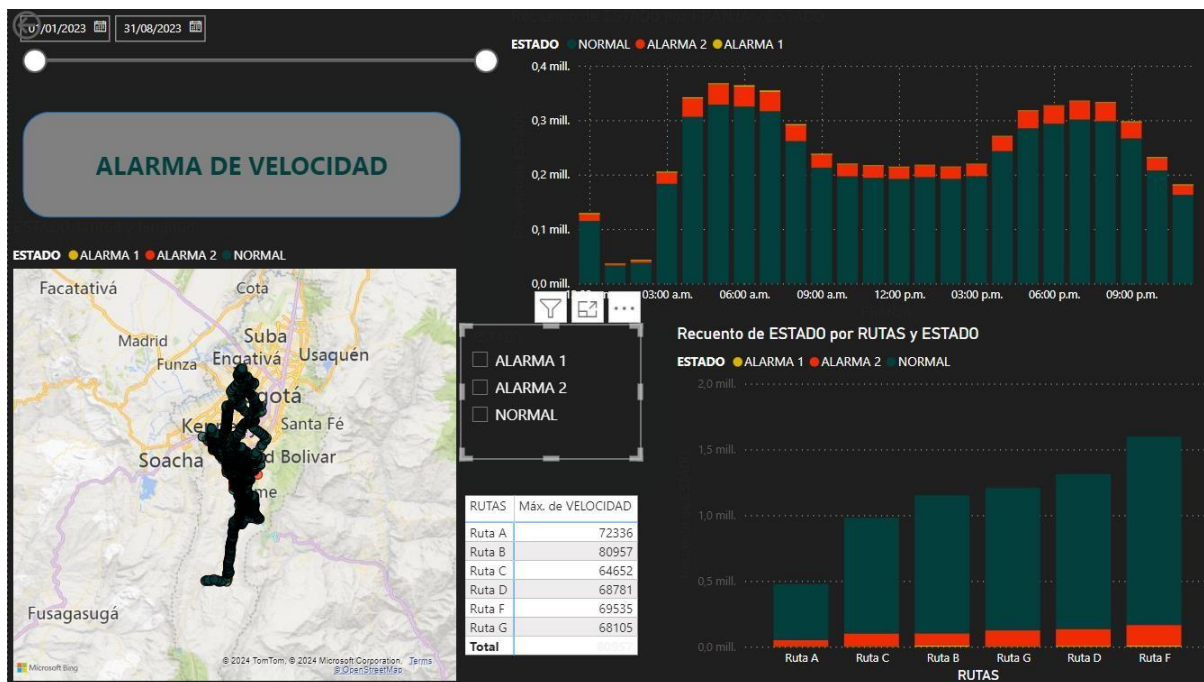
Gestión de la Operación

Gracias a la telemetría vehicular, se pueden detectar conductas operacionales, permitiendo tomar decisiones oportunas sobre el control y regulación de estas conductas. La telemetría vehicular incluida en estos proyectos permite determinar velocidad, tipo de frenado, aceleración, alarmas de colisión, volcamientos, comportamiento y análisis de emociones, entre otros, que permitan la instalación realizada.

En la Figura 48, se puede ver un análisis de comportamiento de velocidades, relacionado con franjas horarias, geolocalización y ruta, demostrando que los índices de exceso de velocidad se presentan en su mayor parte en la Ruta F, con excesos de alarmas en las franjas de hora pico y en zonas específicas según el mapa de geolocalización.

Figura 48

Análisis de Velocidad por Alarmas

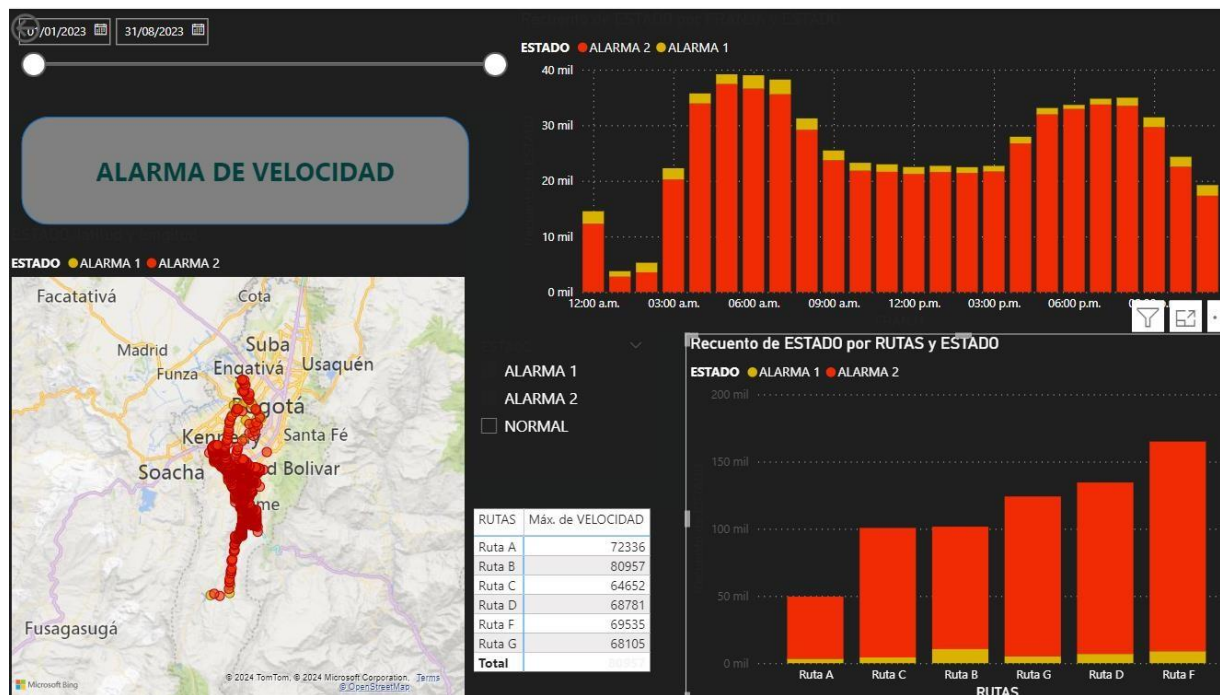


Fuente. El Autor

En la Figura 49, se filtra los valores de alarma uno (1) (valores entre 50 km/h) y dos (2) (Valores superiores a 60km/h), donde se confirma el comportamiento anterior descrito, donde se obtiene una información más clara de las alarmas, la mayor participación de estos eventos se da en horarios antes de las 6:00 am lo cual puede estar relacionado al bajo tráfico vehicular.

Figura 49

Filtrado por Alarma 1 y 2



Fuente. El Autor

También se puede visualizar cuales han sido los valores máximos de velocidad de m/s, es decir, realizando la conversión, se puede visualizar que el valor máximo alcanzado de velocidad, en los vehículos fue de 80 km/h, estos eventos de valor máximo se puede evaluar puntualmente y proceder con una acción correctiva con el operador por conducta operacional “acto inseguro - manejo con exceso de velocidad”.

Conclusiones

Los beneficios para la movilidad y los usuarios del sector público en Bogotá, han ido incrementando a medida que nuevas tecnologías se van adoptando al sector del transporte; gracias a la innovación y puesta en marcha de las diferentes tecnologías adoptadas en el sector transporte; con cada uno de los sistemas implementados, se garantiza mayor seguridad y confort en los viajes, además, los nuevos buses tienen una participación importante en la movilidad sostenible, ya que reduce la huella de carbono.

Toda adopción de tecnología tiene antecedentes los cuales son importantes para tener en cuenta en las diferentes fases de implementación; estos antecedentes permiten la construcción de estándares que permiten reconocer la compatibilidad de los sistemas, los usos definidos y la integración entre las diferentes ramas de la ingeniería que convergen en la integración de sistemas en un proyecto, es por ello que se realizó una conceptualización de normativas y estándares relevantes para la adopción de los ITS, las cuales tiene relación con los requerimientos de implementación, las comunicaciones, el hardware y software. Basado en la ISO 14893 Bogotá ha adoptado las áreas de aplicación de los ITS en busca de beneficios para la movilidad y seguridad de los ciudadanos.

La telemetría vehicular es un concepto importante relacionado con los ITS, ya que por medio de la telemetría, se obtiene información de los vehículos asociado a las conductas de operación, estado de las partes y diferentes componentes, de esta manera, se puede realizar un seguimiento y por ende tomar decisiones que aportan significativamente a la gestión de mantenimiento del vehículo, reduciendo la posibilidad incidentes o accidentes en vía y garantizando el servicio que se presta al usuario (conductas seguras).

El análisis de gran volumen de datos, es importante e influyente en la gestión integral de

las empresas de transporte; la ciencia de datos tiene diferentes etapas para obtener valor agregado de los miles de datos proporcionados por una flota de vehículos, en el concepto de analítica de datos, estas etapas del proceso son: recolección de datos, preparación de datos, limpieza de datos y transformación de los datos, de allí se obtiene información gráfica que permite tomar decisiones basadas en tendencias y comportamientos de las variables analizadas.

Los retos que enfrenta la ciudad son significativos. En primer lugar, la implementación efectiva de ITS requiere una infraestructura de red robusta y confiable, lo que puede representar un desafío dado el tamaño y la complejidad de Bogotá. Además, el uso de servidores en la nube para el almacenamiento y procesamiento de datos del transporte público podría enfrentar barreras tecnológicas en términos de seguridad y privacidad de la información.

Por otro lado, las oportunidades de mejora e innovación son prometedoras. Bogotá tiene la posibilidad de aprovechar al máximo el análisis de datos para optimizar la operación del transporte público, mejorar la planificación de rutas y horarios, y ofrecer una experiencia más fluida a los usuarios. Sin embargo, para capitalizar estas oportunidades, la ciudad debe abordar los desafíos mencionados anteriormente y desarrollar estrategias sólidas de implementación y gestión de tecnología.

Bogotá enfrenta desafíos significativos en la implementación de ITS y en la adopción de tecnologías como servidores en la nube y análisis de datos, también existen oportunidades para mejorar el transporte público y la calidad de vida de los ciudadanos. La clave para el éxito será abordar estos desafíos de manera proactiva y colaborativa, involucrando a todas las partes interesadas relevantes en el proceso de transformación digital del transporte público en la ciudad.

Referencias bibliográficas

- ¿Qué es el MQTT? Amazon.com. (2024) de <https://aws.amazon.com/es/what-is/mqtt/>
- Advantech.com. (07 de Julio 2024), TS206. Advantech
https://www.advantech.com/en/products/1-flnuyz/ts-206/mod_fbd3dc60-12e1-41f6-978b-d74bdd128da4
- Ag. C. CAN-Bus de datos. (2018) Contenido digital. <https://es.slideshare.net/slideshow/canbus-94856823/94856823>
- Alzahrani A, Wangikar SM, Indragandhi V, Singh RR, Subramaniaswamy V. Diseño e implementación de protocolos de comunicación Modbus y SAE J1939 para vehículos eléctricos.
- AndinaTraffic (2013) Gestión y monitoreo: La clave del éxito en la automatización (p. 69-71)
- Bogota.gov.co. Usme se inauguró el patio de buses eléctricos más grande de América Latina. (agosto 2022). <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/movilidad/bogota-inauguro-patio-de-buses-electricos-mas-grande-de-america-latina>
- Bohorquez, K. Morales, S (2022) El futuro está en la nube: estas son las perspectivas de Colombia para una industria clave. <https://forbes.co/2022/10/11/genios-digitales-2022/el-futuro-esta-en-la-nube-estas-son-las-perspectivas-de-colombia-para-una-industria-clave>
- Cabello S, El camino de desarrollo de las ciudades inteligentes. ELAC [2022] Pag (16, 35 - 37,45,50) <https://www.cepal.org/es/publicaciones/48000-camino-desarrollo-ciudades-inteligentes-evaluacion-bogota-buenos-aires-ciudad>
- CAN & CAN FD: Serial protocol decoding. (s/f). Picotech.com. (2024), de <https://www.picotech.com/library/oscilloscopes/can-bus-serial-protocol-decoding>

- Ciudades inteligentes, sostenibles y verdes: ¿qué significa cada una y cuáles son sus diferencias? (2022). National Geographic. <https://www.nationalgeographicla.com/medio-ambiente/2022/10/ciudades-inteligentes-sostenibles-y-verdes-que-significa-cada-una-y-cuales-son-sus-diferencias>
- Concepción, M. (2011) Sensores automotrices y análisis de ondas
- Fin. JDMP. (2017) *Sistema de transporte publico optimiza control de vehículos*. UNAL Manizales. <https://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/sistema-de-transporte-publico-optimiza-control-de-vehiculos>
- Fovino, I.N.; Carcano, A.; Masera, M.; Trom-Betta, A. Design and Implementation of a Secure Modbus Protocol; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2009. [Google Scholar]
- González, J., Ramos, D. (2020). A review of video analysis for object detection. *Sensors*, 20(14), 4032.
- Ino. J. (2020) *¿Qué es la red CANBUS automotriz? Funcionamiento, descripción*. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=O4H6G5ffPdM&t=96>
- iso.org (2018) Systems and software engineering — Life cycle processes — Requirements engineering. Ed 2. <https://www.iso.org/standard/72089.html>
- ISO/IEC/IEEE International Standard - Systems and software engineering -- Life cycle processes --Requirements engineering. (2011). *ISO/IEC/IEEE 29148:2011(E)*, 1–94. <https://doi-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.1109/IEEESTD.2011.6146379>
- Laguna, J. A. A., Rosales, A. B., Cruz, J. A. B., Domínguez, A. R. Z., & Martínez, C. U. F. Data e Internet de las Cosas para los sistemas inteligentes del transporte. Características y áreas de oportunidad. [2020] <http://www.com.gob.edu.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt626.pdf>

- LeCun, Y., Bottou, L., Bengio, Y., & Haffner, P. (1998). Gradient-based learning applied to document recognition. *Proceedings of the IEEE*, 86(11), 2278-2324.
- Li, S.G.; Sharkh, S.M.; Walsh, F.C.; Zhang, C.N. Energy and battery management of a plug-in series hybrid electric vehicle using fuzzy logic. *IEEE Trans. Veh. Technol.* 2011, 60, 3571–3585. [Google Scholar]
- Máquinas*. 2023; 11(2):201. <https://doi.org/10.3390/machines11020201>
- MINTIC (2023) Habilitador para la transformación digital del país.
<https://mintic.gov.co/micrositios/asignacion-espectro-imt-2023/828/w3-channel.html>
- MINTIC (2023) programa de inversión (adenda de inversión FUTIC).
https://www.mintic.gov.co/portal/715/articles-334051_recurso_1.pdf
- MINTIC (2024) Recomendaciones del sector TIC para los Planes de desarrollo Territorial 2024-2027 "Conectividad y tecnología para cambiar la vida" (p.17 - 18)
https://www.mintic.gov.co/portal/715/articles-281376_recurso_6.pdf
- Mintransporte (2022) Mintransporte firmó el Plan Maestro de Sistemas Inteligentes de Infraestructura, Tránsito y Transporte.
<https://mintransporte.gov.co/publicaciones/10937/mintransporte-firmo-el-plan-maestro-de-sistemas-inteligentes-de-infraestructura-transito-y-transporte/#:~:text=Los%20ITS%20son%20sistemas%20tecnol%C3%B3gicos,de%20manera%20efectiva%20y%20real.>
- Mintransporte. (2018, julio 9). Importancia de los ITS. Mintransporte.
[https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/5764/importancia-de-los-its/TS-206.](https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/5764/importancia-de-los-its/TS-206)
(s/f).

- Motorservice Group (2018, marzo 12). ¿Cómo funciona un sensor de masa de aire? (animación 3D). Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=kjIkVbnHekM>
- Nieto, Y. Rocha L (2020) Modelo de apropiación de Tecnologías de la Información Geográfica como apoyo a la consolidación de Ciudades Inteligentes, caso de estudio Bogotá (Colombia). Revista Risti edición 42 (2021) <http://www.risti.xyz>
- Nosotros. (s/f). Bydcolombia.com. (2024), de <https://bydcolombia.com/nosotros/>
- Ochoa, Nancy. (2023) *RHS Revista Humanismo y Sociedad* Volume: 11 Issue 1 ISSN: 2339-4196 Online ISSN: 2339-4196
<http://fer.uniremington.edu.co/ojs/index.php/RHS/article/view/606/667>
- Prieto. L, Quintero. J (2015) *Sistemas inteligentes de transporte y nuevas tecnologías en el control y administración del transporte*. (pp 2 – 9) Universidad pedagógica
- Ran, L.; Junfeng, W.; Haiying, W.; Gechen, L. Design method of CAN BUS network communication structure for electric vehicle. In Proceedings of the International Forum on Strategic Technology 2010, Ulsan, Korea, 13–15 October 2010; pp. 326–329. [Google Scholar]
- Revista Semana (2019) *Soluciones tecnológicas para el transporte urbano de Bogotá*. Revista Semana. <https://www.semana.com/management/articulo/soluciones-tecnologicas-para-el-transporte-urbano-de-bogota/279086/>
- Sato, K.; Koita, T.; McCormick, S. Design and implementation of a vehicle interface protocol using an IEEE 1394 network. *J. Syst. Archit.* 2008, 54, 901–910. [Google Scholar]
- Secretaría de movilidad (2015) *Sistema inteligente de transporte, aporte de movilidad a la transformación de Bogotá en una Smart City*. [Contenido digital] Enlace de la página
- Secretario del foro de alto nivel de expertos (2009) Como alimentar al mundo en 2050. enlace

del artículo

Sensores de masa de aire. (s/f). Rheinmetall. (10 de Julio 2024) de <https://www.ms-motorservice.com/int/es/tecnipedia/sensores-de-masa-de-aire-491>

Sistema integrado de transporte SITP [2012] <https://www.elespectador.com/bogota/este-sabado-comienza-a-operar-el-sistema-integrado-de-transporte-en-bogota-article-356044/>

Tejedor, V (2015) *La Smart City: Las ciudades inteligentes del futuro.* Editorial OUC. (pp 17-22)

TIC, BOGOTA (2021) Centro de gestión de tránsito. Movilidad Bogotá.
<https://tic.bogota.gov.co/node/1670>

TransMilenio. (2022, junio 23). *Abecé Cámaras del Sistema de Transporte.* TransMilenio.
<https://www.transmilenio.gov.co/publicaciones/152877/abece-camaras-del-sistema-de-transporte/>

Volvo (2007) *Arquitectura eléctrica de un bus.* <https://es.scribd.com/doc/103826074/Bea-sistemas-volvo>

Apéndices

Apéndice A

Diseño de un Tablero en Power Bi para Análisis Operativos de Transporte

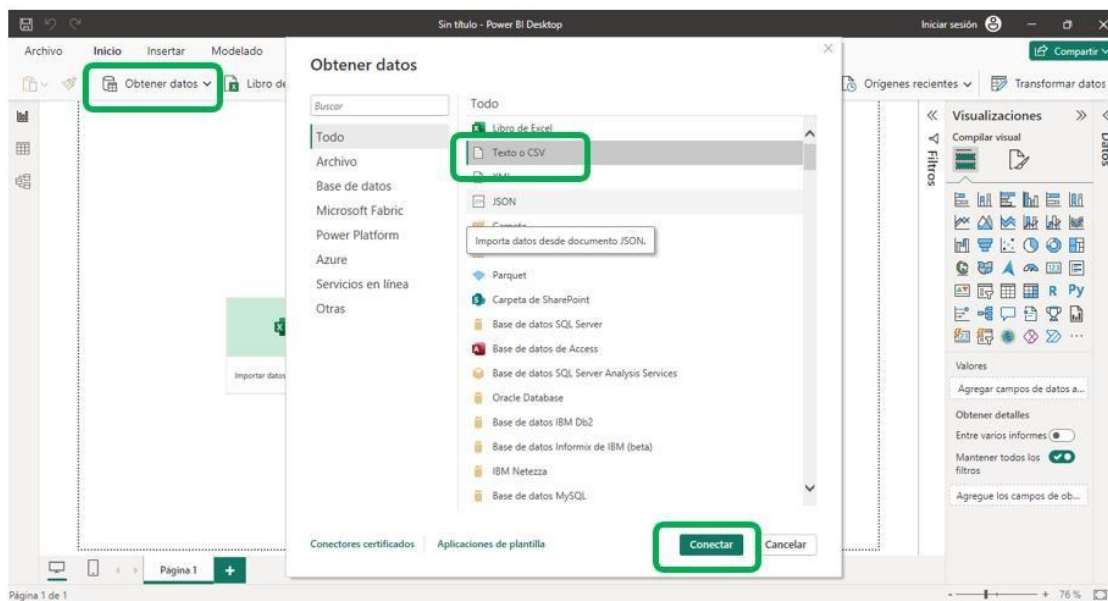
A continuación, se muestra el paso a paso para el análisis de los datos obtenidos en la telemetría de los buses en el software Power Bi, este proceso consiste en realizar la recolección de datos, preparación de datos, limpieza de datos y transformación de los datos.

Partiendo de una base de datos, donde se filtraron los datos de peso, se demuestra el comportamiento del peso en los vehículos, estos datos se encuentran en un archivo tipo .txt.

En la Figura 50 y la Figura 51 se muestra la obtención de datos.

Figura 50

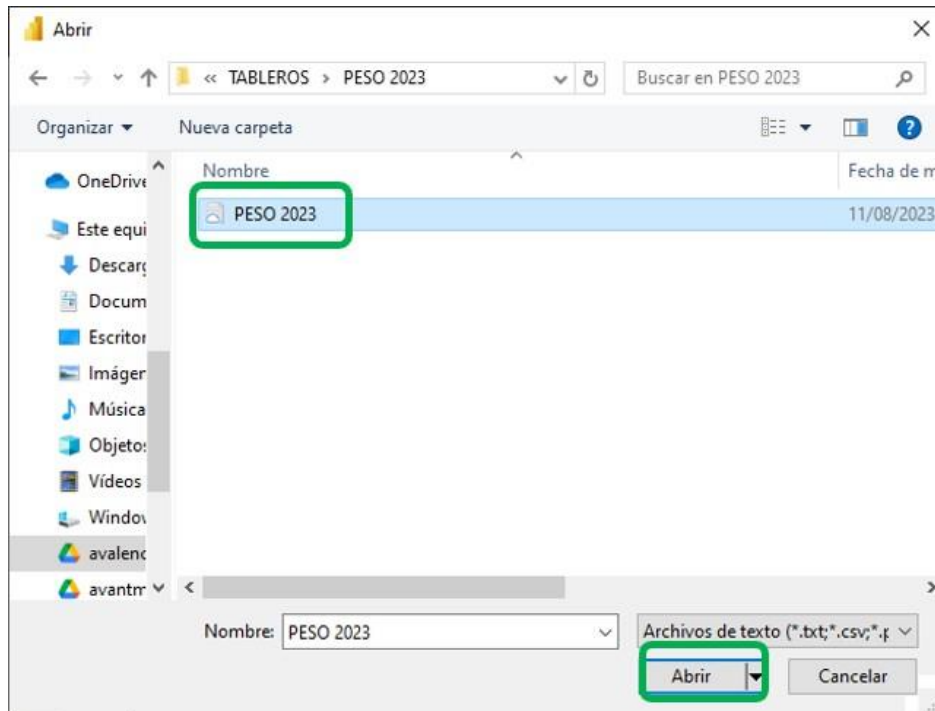
Obtener Datos .csv o Texto



Fuente. El Autor

Figura 51

Selección de la Base de Datos



Fuente. El Autor

En la Figura 52 se muestra cómo se realiza la limpieza de datos, en el proceso de transformación.

Figura 52

Opción Transformar Datos. Limpieza de Datos

Power BI Desktop - Sin título - Power BI Desktop

Inicio sesión

Archivo

PESO 2023.txt

Origen de archivo: 1252: Europeo occidental (Windo...)

Delimitador: Tabulador

Detección del tipo de datos: Basado en las primeras 200 filas

Column5	Column6	Column7	Column8	Column9	Column10	Column11	Column12	Column13	Column14	Column15	Column16	Column17	Column18	Column19
02:00 a. m.	12:00:00 a. m.	1/01/2023	12:02:00 a. m.	4526653	4,53	-74114767	-74,11	9700	0	0	1	0	-1	PESO OK
02:50 a. m.	12:00:00 a. m.	1/01/2023	12:02:50 a. m.	4527703	4,53	-74114700	-74,11	9850	0	0	1	0	-1	PESO OK
03:52 a. m.	12:00:00 a. m.	1/01/2023	12:03:52 a. m.	4531367	4,53	-74115056	-74,12	10020	0	1	0	0	0	PESO OK
21:11 a. m.	12:00:00 a. m.	1/01/2023	2:30:04 a. m.	4576100	4,58	-74120325	-74,12	9800	1	0	1	0	-1	PESO OK
22:58 a. m.	12:00:00 a. m.	1/01/2023	12:22:59 a. m.	4531944	4,53	-74119483	-74,12	13830	0	0	0	0	7	7 PESO OK
23:32 a. m.	12:00:00 a. m.	1/01/2023	12:23:32 a. m.	4530986	4,53	-74119406	-74,12	9820	0	0	0	0	0	PESO OK
30:50 a. m.	12:00:00 a. m.	1/01/2023	2:30:20 a. m.	4571278	4,57	-74115275	-74,12	10110	0	0	1	0	-1	PESO OK
48:31 a. m.	12:00:00 a. m.	1/01/2023	12:48:31 a. m.	4531450	4,53	-74119447	-74,12	9890	1	0	1	0	-1	PESO OK
50:12 a. m.	12:00:00 a. m.	1/01/2023	12:50:13 a. m.	4529889	4,53	-74119328	-74,12	10160	1	1	1	0	-1	PESO OK
52:36 a. m.	12:00:00 a. m.	1/01/2023	2:36:54 a. m.	4529886	4,53	-74119361	-74,12	10470	0	1	0	0	0	PESO OK
57:35 a. m.	12:00:00 a. m.	1/01/2023	12:57:38 a. m.	4532464	4,53	-74119933	-74,12	10070	0	0	0	0	0	PESO OK
51:43 a. m.	2:00:00 a. m.	1/01/2023	2:51:43 a. m.	4530483	4,53	-74119672	-74,12	10260	0	0	0	0	0	PESO OK
52:29 a. m.	2:00:00 a. m.	1/01/2023	2:52:29 a. m.	4530483	4,53	-74119672	-74,12	9910	0	0	0	0	0	PESO OK
19:28 a. m.	3:00:00 a. m.	1/01/2023	3:19:29 a. m.	4532636	4,53	-74119969	-74,12	9560	0	0	0	0	0	PESO OK
21:13 a. m.	3:00:00 a. m.	1/01/2023	3:21:13 a. m.	4532856	4,53	-74120092	-74,12	10320	1	0	1	0	-1	PESO OK
23:19 a. m.	3:00:00 a. m.	1/01/2023	3:23:19 a. m.	4533075	4,53	-74120133	-74,12	10310	0	0	1	0	-1	PESO OK
44:52 a. m.	3:00:00 a. m.	1/01/2023	3:44:53 a. m.	4532794	4,53	-74120108	-74,12	9680	1	0	1	0	-1	PESO OK
47:04 a. m.	3:00:00 a. m.	1/01/2023	3:47:04 a. m.	4533075	4,53	-74120103	-74,12	9520	0	0	1	0	-1	PESO OK
47:44 a. m.	3:00:00 a. m.	1/01/2023	3:47:44 a. m.	4575994	4,58	-74120789	-74,12	10140	1	1	1	0	-1	PESO OK
49:37 a. m.	3:00:00 a. m.	1/01/2023	3:49:37 a. m.	4467181	4,47	-74128303	-74,13	9910	0	0	0	0	0	PESO OK

Extraer tabla mediante ejemplos

Cargar Transformar datos Cancelar

Página 1 de 1

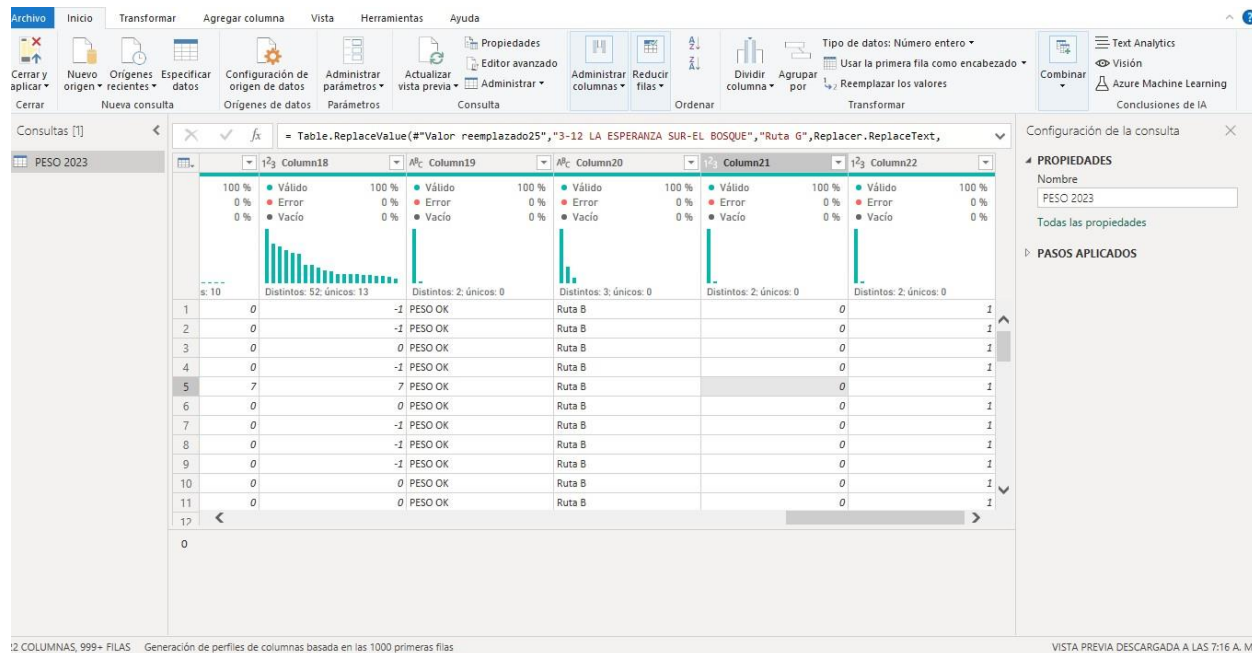
76%

Fuente. El Autor

En la Figura 53 se observa el power Query, el cual es el editor de la data. Los cambios realizados desde allí permitirán obtener un dato más confiable, además que también permite la creación de nuevas columnas donde se puede formular u obtener datos separados (Dividir columnas).

Figura 53

Editor Power Query



Fuente. El Autor

Cuando se elige la opción de transformar datos, se pueden realizar cambios a la base de datos, los cuales solo aplican en el tablero diseñado, sin embargo, siempre que se actualice información de la base de datos (datos recientes), los cambios realizados en el Power Query quedan grabados y traerá la información al tablero con los cambios ya realizados.

A continuación, en las Figura 54, Figura 55, Figura 56, Figura 57, Figura 58, Figura 59 relacionan algunos cambios por medio de ejemplos, de lo que se puede hacer desde el Power Query.

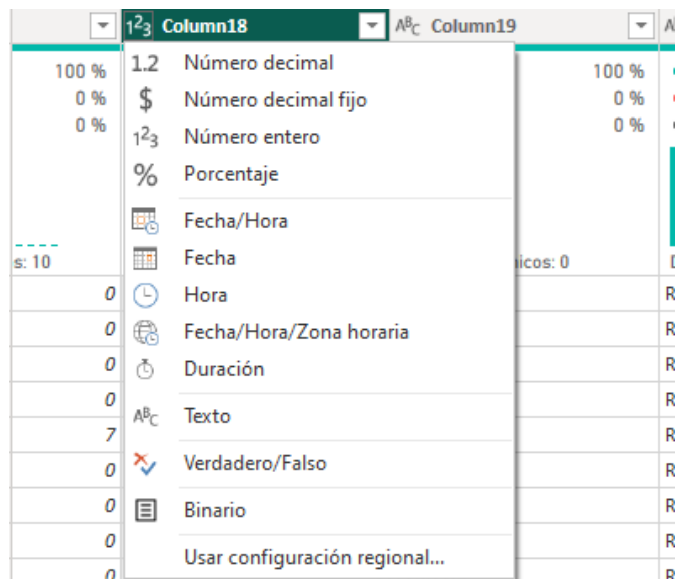
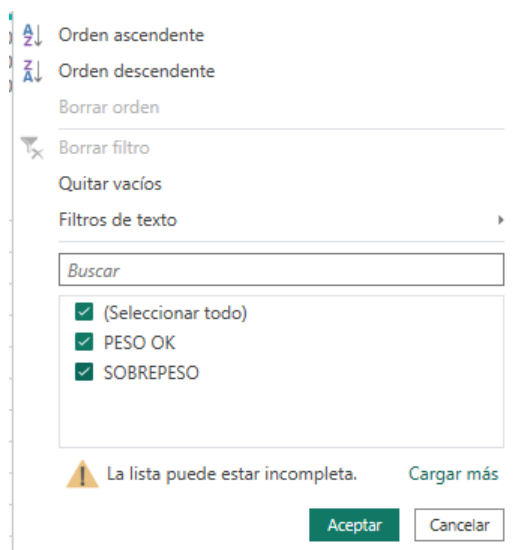
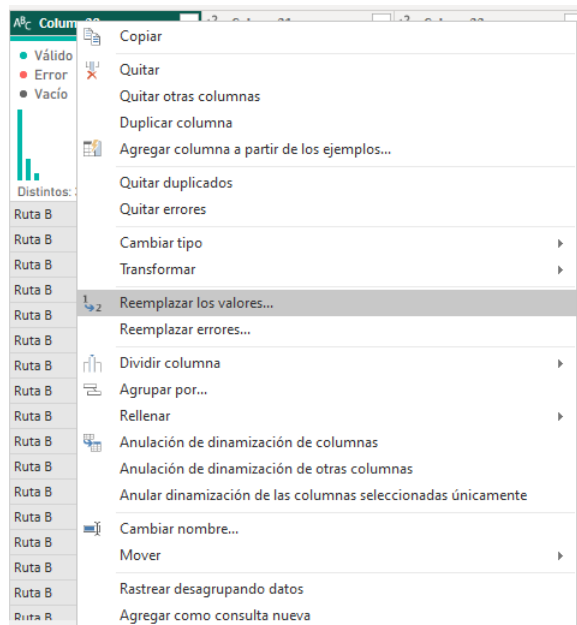
Figura 54*Cambio de Formato de Datos**Fuente. El Autor***Figura 55***Filtro de Datos**Fuente. El Autor*

Figura 56

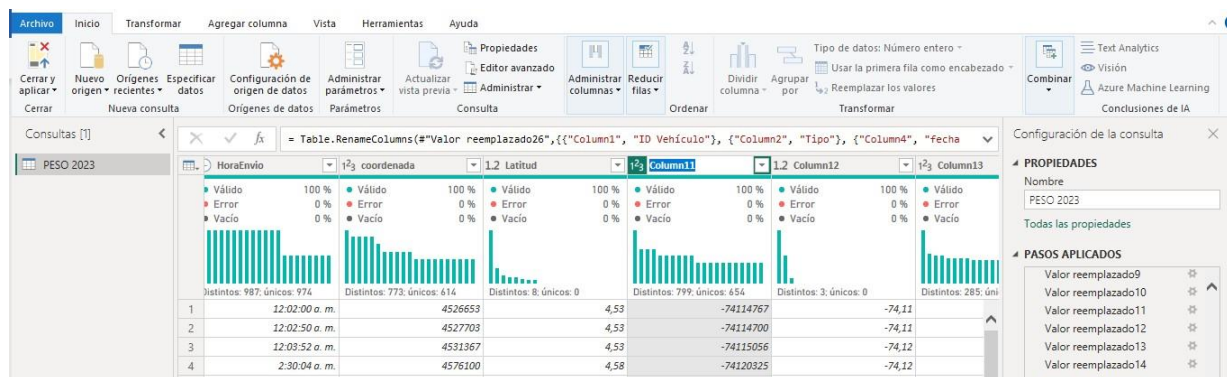
Reemplazar Valores



Fuente. El Autor

Figura 57

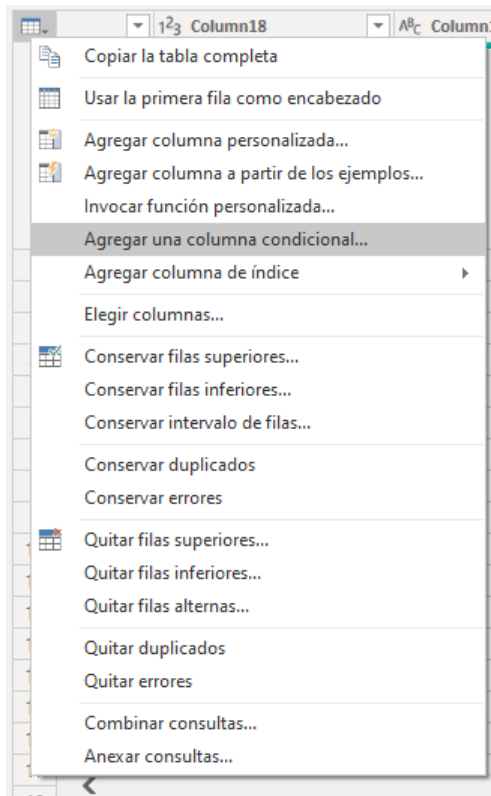
Nombre de las Columnas



Fuente. El Autor

Figura 58

Opción de Agregar Condicionales



Fuente. El Autor

Figura 59

Condición Parametrizada para Identificar Excesos de Peso

The screenshot displays the Microsoft Power Query interface. On the left, a data table is visible with columns for weight (Column13) and other metrics. A dialog box titled "Agregar una columna condicional" is open, allowing the user to define a new conditional column. The dialog includes a field for the new column name, "Alarma Sobrepeso". The rule is defined as: "Si Column13 es mayor que 20000, Entonces EXCESO PESO". The dialog also features a "De lo contrario" section with a dropdown menu set to "PARAMETROS". The background table shows data for 17 rows, with Column13 values ranging from -74,11 to -74,12 and other columns containing numerical values.

Row	Column13	Column14	Column15	Column16	Column17
1	-74,11				9700
2	-74,11				9850
3	-74,12				10020
4	-74,12				9800
5	-74,12				13830
6	-74,12				9820
7	-74,12				10110
8	-74,12				9890
9	-74,12				10160
10	-74,12				10470
11	-74,12				10070
12	-74,12				10260
13	-74,12				9910
14	-74,12				9560
15	-74,12				10320
16	-74,12				10310
17	-74,12				0680

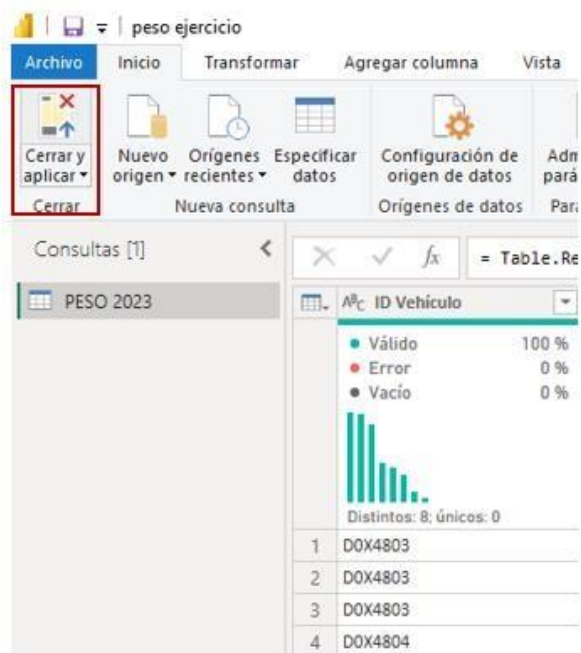
Fuente. El Autor

En la Figura 59 el valor numérico está representado por toneladas, se parametrizó si el valor es mayor que 20.000 registre evento de “exceso de peso”, este es el valor límite para vehículos medianos de transporte de pasajeros según la NTC4788.

Una vez realizados los cambios en la base de datos desde el powerQuery, se elige la opción “*aplicar y cerrar*” (ver Figura 60).

Figura 60

Guardar Cambios del Power Query

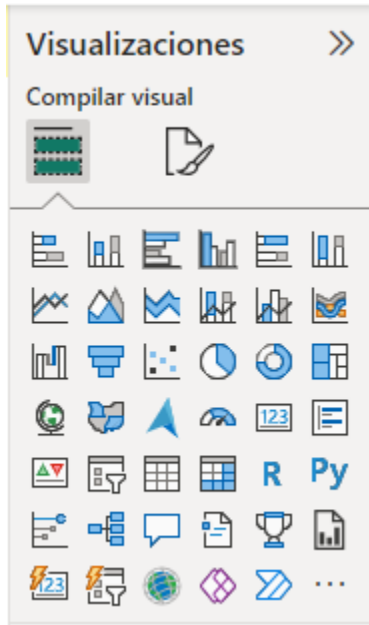


Fuente. El Autor

Existen varios objetos visuales con los cuales se puede diseñar el tablero, la elección de los objetos visuales depende de lo que quiere obtener a través del análisis, en la Figura 61 se observa las opciones de visualización.

Figura 61

Tipos de Objetos Visuales en Powerbi

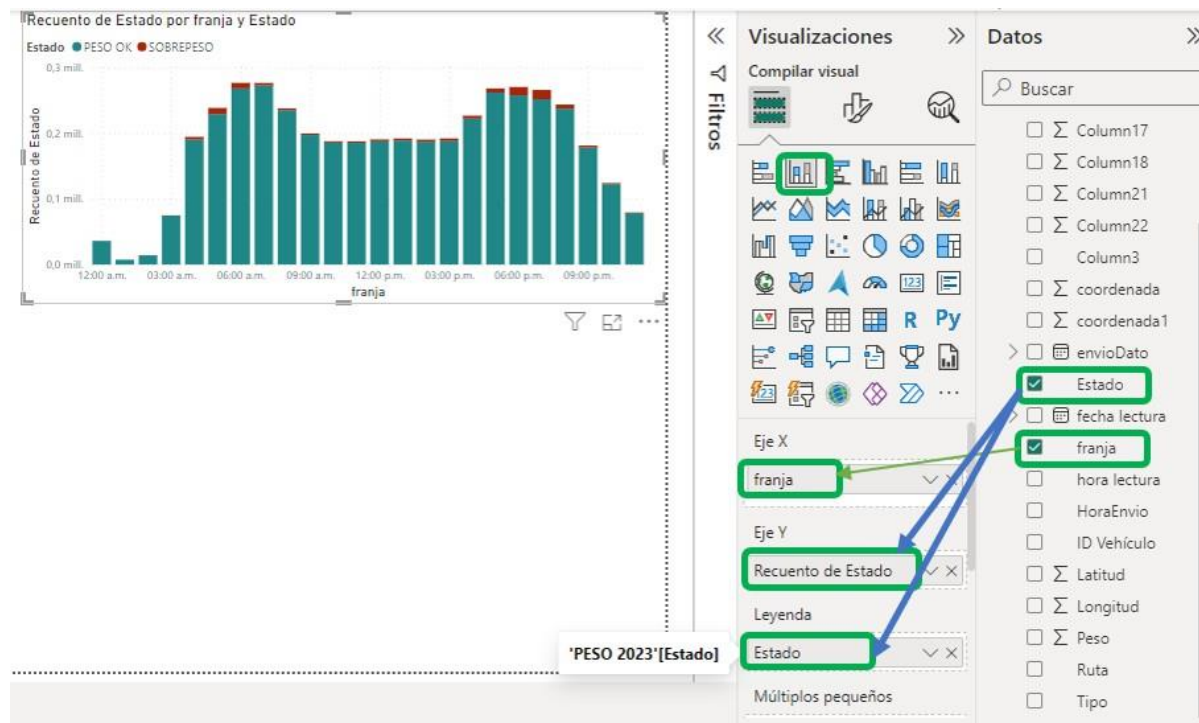


Fuente. El Autor

En la Figura 62 Se muestra el resultado del objeto visual relacionado a las variables de peso y franja horaria.

Figura 62

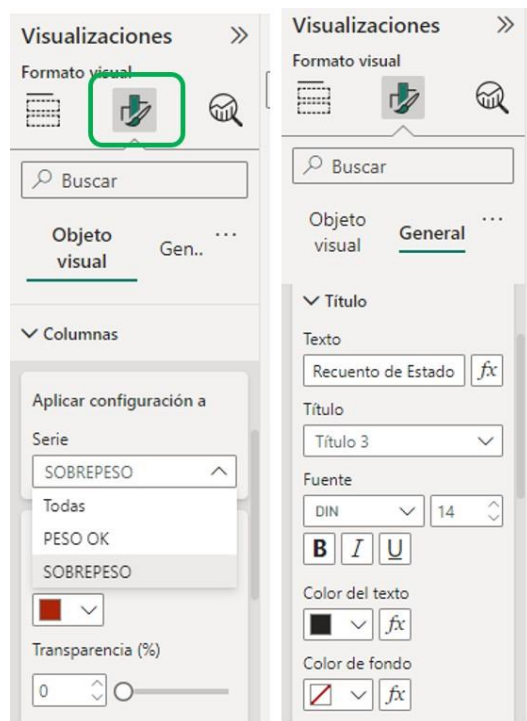
Creación de Objeto Visual. Estado de Peso por Franja Horaria



Fuente. El Autor

Se puede configurar la estética del proyecto gráfico por gráfico con la opción como se muestra en la Figura 63, otra opción es configurar un tema el cual parametriza todo el tablero, como se indica en la Figura 64.

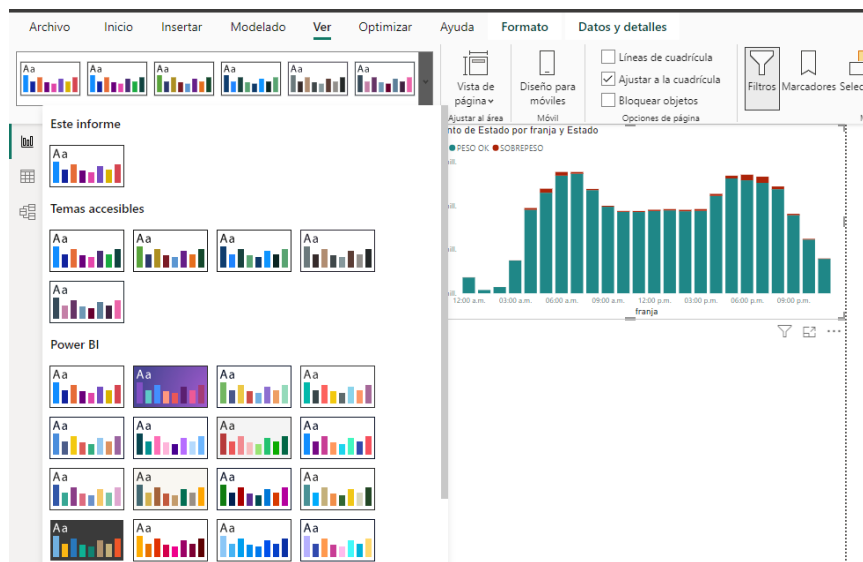
Figura 63
Personalizar el Objeto Visual



Fuente. El Autor. En esta opción se puede personalizar el objeto visual

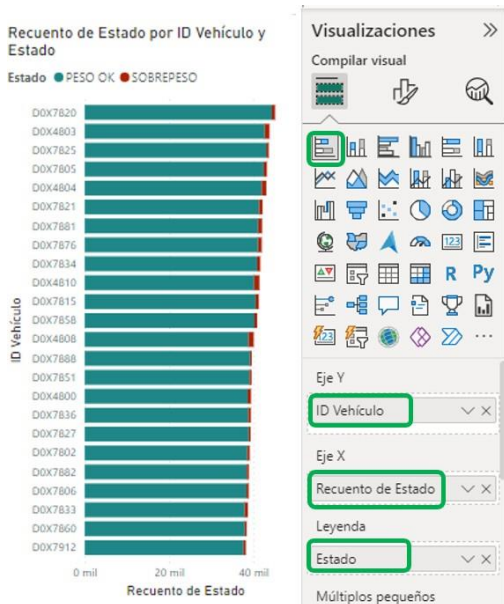
Figura 64

Elegir Temas para Configurar la Estética del Proyecto



Fuente. El Autor

En la Figura 65 y Figura 66, mediante objetos visuales se relaciona la variable peso con respecto a las rutas y el vehículo.

Figura 65*Estado de Peso por Ruta**Nota.* El autor**Figura 66***Estado de Peso por Vehículo**Fuente.* El Autor

En la Figura 67 se muestra un segmento de fechas (gráfico de filtros) y en Figura 68 se establece un campo visual de mapas.

Figura 67

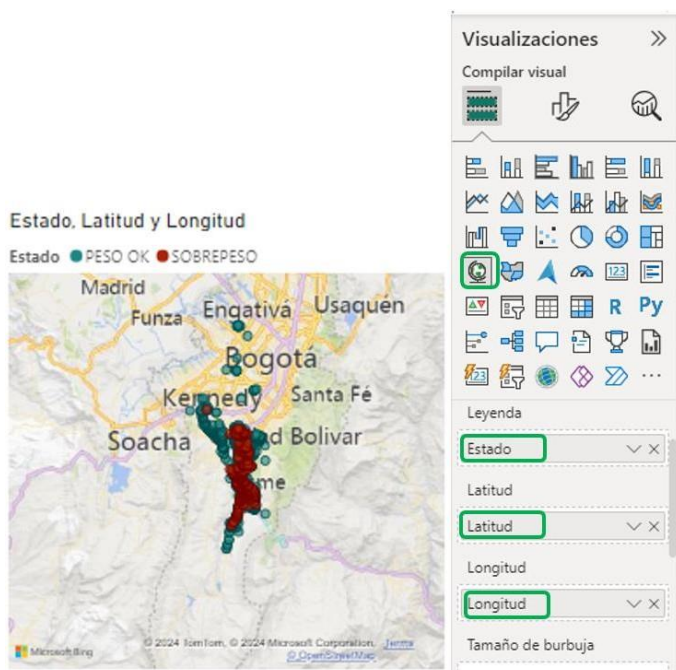
Objetos Visuales Creados con el Segmento o Filtro



Fuente. El Autor

Figura 68

Estado de Peso en Mapa



Fuente. El Autor

El uso de herramientas de análisis de datos se está volviendo fundamental en la toma de decisiones de las empresas en diferentes sectores de la industria. Es importante explorar los diferentes softwares y los beneficios del uso de estas herramientas.