

**Desarrollo de un tablero de business intelligence en Power BI para la optimización de rutas
logísticas**

Fabian Mauricio Cruz Rivillas

Asesor

Julio Eduardo Mejía Manzano

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Sociales Artes y Humanidades ECSAH

Especialización en Ciencia de Datos y Analítica

2026

Dedicatoria

A mi madre, por su amor incondicional, su apoyo constante y por ser mi mayor inspiración en cada paso de este camino.

Y a mi novia, por acompañarme, creer en mí y estar a mi lado en los momentos más difíciles y en los más felices de este proceso.

Agradecimientos

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi madre, por su paciencia, sacrificio y amor que me han impulsado a llegar hasta aquí.

A mi novia, gracias por tu apoyo incondicional, por escucharme en las noches largas de estudio y por recordarme siempre que valía la pena seguir adelante.

Agradezco también al programa de Especialización en Ciencia de Datos y Analítica de la UNAD, a mis compañeros de curso y a mi asesor Julio Eduardo Mejía Manzano por su orientación y paciencia durante este proceso.

Sin ustedes, este trabajo no habría sido posible.

Resumen

Este trabajo de grado tiene como propósito el desarrollo de un tablero de Business Intelligence en Power BI orientado al análisis de rutas logísticas, con el fin de apoyar la toma de decisiones en el sector transporte. El estudio parte de una problemática recurrente en muchas empresas del sector, especialmente pequeñas y medianas, relacionada con la planificación ineficiente de rutas, la cual se traduce en mayores costos operativos, retrasos en las entregas y un impacto ambiental innecesario.

El proyecto se desarrolla bajo un enfoque aplicado y analítico, apoyado en el marco metodológico CRISP-DM, que permitió organizar de manera estructurada las etapas de comprensión del problema, análisis de la información disponible y diseño del modelo de datos y del tablero de visualización. Para el análisis se consideraron variables logísticas relevantes como el tiempo real de entrega, la distancia recorrida, el consumo de combustible y los costos asociados a la operación de transporte.

Como resultado del trabajo, se diseñó un tablero interactivo en Power BI que integra indicadores clave de desempeño logístico, facilitando la visualización y el análisis de ineficiencias, así como la identificación de patrones y oportunidades de mejora en la planificación de rutas. Los resultados obtenidos evidencian que el uso de herramientas de Business Intelligence representa una alternativa viable y accesible para mejorar la eficiencia operativa, optimizar costos y fortalecer la toma de decisiones basada en datos en entornos logísticos.

Palabras clave: Optimización rutas, Logística, Power BI, Business Intelligence, Visualización datos

Abstract

This undergraduate thesis focuses on the development of a Business Intelligence dashboard in Power BI aimed at supporting decision-making in the transportation sector through the analysis of logistics routes. The study addresses a common problem faced by many logistics companies, particularly small and medium-sized enterprises, related to inefficient route planning, which often results in higher operational costs, delivery delays, and unnecessary environmental impacts.

The project adopts an applied and analytical approach, using the CRISP-DM methodological framework to guide the understanding of the problem, the analysis of available data, and the design of the data model and visualization dashboard. Key logistics variables considered in the analysis include actual delivery time, traveled distance, fuel consumption, and transportation-related costs.

As a result, an interactive Power BI dashboard was designed to integrate relevant logistics performance indicators, allowing users to identify inefficiencies, recurring patterns, and opportunities for improvement in route planning. The findings suggest that Business Intelligence tools, when properly implemented, offer a practical and accessible alternative for improving operational efficiency, optimizing costs, and strengthening data-driven decision-making in logistics environments.

Keywords: Logistics, Routes, Power BI, Analytics, Optimization

Contenido

Introducción	12
Justificación	14
Objetivos.....	16
Objetivo General.....	16
Objetivos Específicos	16
Planteamiento del Problema	17
Contexto del Sector Logístico y Transporte Urbano	17
Ineficiencias en la Planificación de Rutas	17
Impacto Económico, Operativo y Ambiental	18
Pregunta de Investigación.....	19
Marco de Referencia	20
Estado del Arte	20
Marco Contextual: Logística en Colombia y América Latina.....	21
Marco Teórico	22
Business Intelligence y su Aplicación en Logística	22
Optimización de Rutas Logísticas	22
Visualización de Datos y Toma de Decisiones.....	23
Impacto Ambiental y Sostenibilidad	23
Marco Metodológico	23
Marco Conceptual.....	24
Ruta Óptima.....	24
Eficiencia Logística	24

Tablero de Business Intelligence	24
VARIABLES LOGÍSTICAS CLAVE	24
Indicadores Clave de Desempeño (KPIs)	24
Metodología	26
Tipo de Estudio	26
Marco Metodológico: CRISP-DM	26
Comprensión del Negocio	27
Comprensión de los Datos	27
Preparación de los Datos	27
Modelado	27
Evaluación	28
Implementación	28
Herramientas y Técnicas Utilizadas	29
Fuentes de Datos	30
Desarrollo del Tablero de Business Intelligence	31
Preparación y Carga de Datos	31
Definición y Cálculo de los KPIs	32
Nota Sobre los Indicadores Definidos	34
Visualizaciones Implementadas	35
Validación y Ajustes	35
Resultados Obtenidos	37
Desempeño Operativo General	37
Análisis de Costos y Eficiencia Financiera	38

Consumo de Combustible y Sostenibilidad Ambiental	39
Índice Compuesto de Eficiencia y Mejoras Globales	40
Análisis del Impacto de la Edad del Conductor.....	41
Visualización Global y Hallazgos Principales.....	42
Conclusiones	44
Recomendaciones	46
Referencias Bibliográficas	48
Apéndices.....	50

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Panel de Indicadores de Desempeño Operativo General: OTIF y Tiempos de Entrega</i>	38
Figura 2 <i>Análisis de Costos Operativos por Ruta y Costo por Kilómetro</i>	39
Figura 3 <i>Indicadores de Consumo de Combustible y Emisiones de CO₂ por Ruta</i>	40
Figura 4 <i>Índice Compuesto de Eficiencia de Ruta</i>	41
Figura 5 <i>Tiempo de Entrega por Edad del Conductor</i>	42
Figura 6 <i>Distribución Geoespacial de Viajes y Tiempos de Entrega por Ciudad de Origen</i>	43

Lista de Tablas

Tabla 1 *Fases CRISP-DM Aplicadas en el Desarrollo del Proyecto* 28

Tabla 2 *KPIs Implementados en el Tablero de Power BI y sus Medidas DAX* 32

Lista de Apéndices

Apéndice A <i>Enlace al Video Sustentación</i>	50
Apéndice B <i>Participación en el Foro de la Actividad</i>	50
Apéndice C <i>Enlace Presentación</i>	51

Introducción

Trabajo en el sector transporte, así que la motivación para este proyecto no vino de una lectura académica sino de algo más concreto: ver cómo se pierden recursos por rutas que nadie analiza con suficiente cuidado. Viajes que se planifican por costumbre, costos que suben sin explicación clara, retrasos que se repiten sin que nadie identifique el patrón detrás. Es un problema conocido en el sector, pero pocas empresas lo están resolviendo bien.

La razón no es falta de datos. En cualquier operación de transporte medianamente organizada hay registros de tiempos, distancias, consumo y costos. El problema es que esa información termina en hojas de cálculo que nadie revisa con sistematismo, o en reportes que llegan tarde para cambiar algo. La planificación de rutas sigue dependiendo más de la experiencia del despachador que de cualquier análisis real ,y eso tiene un costo que rara vez se mide.

Este proyecto buscó cerrar esa brecha construyendo un tablero en Power BI que integra las variables más relevantes de la operación logística y las convierte en información útil para decidir. Durante el desarrollo aparecieron hallazgos que no estaban previstos: los conductores más jóvenes completan entregas en menos tiempo de forma consistente, y ciertas ciudades presentan demoras sistemáticas en el despacho que no tienen que ver con el tráfico sino con procesos internos. Ese tipo de patrón es exactamente lo que una empresa necesita ver para actuar.

Para organizar el trabajo se usó el modelo CRISP-DM, que resultó apropiado porque obliga a entender bien el problema antes de meterse con los datos. Una lección que quedó clara en el proceso: la calidad de los datos disponibles es tan importante como la herramienta que los analiza. Por eso el alcance se orientó hacia escenarios representativos y simulaciones conceptuales, en lugar de forzar modelos predictivos que los datos no podían sostener. El

documento recorre ese camino completo, desde el planteamiento del problema hasta los resultados concretos del tablero.

Justificación

Las cifras son conocidas pero vale repetirlas: una planificación ineficiente de rutas puede representar entre el 20% y el 30% de los costos logísticos totales de una empresa, principalmente por consumo excesivo de combustible, retrasos acumulados y emisiones evitables (Campos Vásquez et al., 2021; Flores Torres et al., 2019). No es un porcentaje menor. En una operación de transporte con márgenes ajustados, esa cifra puede ser la diferencia entre rentabilidad y pérdida.

El problema es especialmente visible en Colombia y en América Latina en general. Muchas PYMEs del sector logístico siguen planificando rutas con métodos manuales o semi-manuales, con una adopción de herramientas de análisis de datos que en algunos estudios regionales no supera el 10% (Villareal Reina et al., 2021; Barragán Pazmiño, 2023). No es un problema de voluntad, es que las soluciones disponibles suelen requerir inversiones que esas empresas no pueden costear, o conocimientos técnicos que no tienen en el equipo.

Power BI cambia esa ecuación. Tiene versiones gratuitas funcionales, se conecta con fuentes de datos que ya existen en cualquier operación, y produce visualizaciones que cualquier persona del equipo puede interpretar sin formación especializada. Estudios recientes estiman que tableros analíticos bien implementados pueden reducir los costos logísticos hasta en un 25%, al hacer visibles ineficiencias que antes simplemente se absorbían como parte del costo normal del negocio (Ruiz Fonseca, 2020; Palacios Peña y Suárez Requena, 2022).

Desde lo académico, este proyecto aborda un ángulo que la literatura regional toca poco: qué pasa cuando se intenta aplicar analítica de datos en contextos con información imperfecta y recursos limitados. No es el escenario ideal de un estudio controlado, es el escenario real de

buena parte del sector. Esa tensión entre lo que la teoría propone y lo que los datos disponibles permiten hacer es uno de los aportes más honestos del trabajo.

El argumento ambiental también importa, y cada vez más. Rutas mejor planificadas significan menos combustible quemado y menos emisiones de CO₂. Con regulaciones ambientales que se están endureciendo en toda la región y clientes que empiezan a exigir información sobre huella de carbono a sus proveedores, ese componente dejó de ser un argumento secundario para convertirse en uno de negocio.

Este trabajo no resuelve el problema de la ineficiencia logística en el sector ,eso sería pretencioso. Lo que sí hace es demostrar, con resultados concretos, que una herramienta accesible y bien estructurada puede generar mejoras reales. Y que no hace falta esperar a tener un sistema sofisticado para empezar a tomar mejores decisiones.

Objetivos

Objetivo General

Desarrollar un tablero de Business Intelligence en Power BI orientado al análisis y la optimización de rutas logísticas, mediante la integración y visualización de datos operativos, con el fin de apoyar la toma de decisiones relacionadas con la mejora de los tiempos de entrega, la reducción de los costos operativos y la promoción de prácticas logísticas más sostenibles.

Objetivos Específicos

Analizar las variables logísticas que inciden en la eficiencia de las rutas de transporte, tales como los tiempos de entrega, la distancia recorrida, el consumo de combustible, el número de paradas y el costo por kilómetro, con el propósito de identificar ineficiencias y oportunidades de mejora en la planificación de rutas.

Diseñar de manera conceptual un modelo de visualización de datos en Power BI que integre información histórica y resultados de simulaciones, estructurando paneles interactivos orientados al análisis del desempeño general, la visualización geoespacial, los indicadores operacionales y la evaluación de alternativas de optimización.

Definir los lineamientos para la implementación del tablero en Power BI, incluyendo la identificación de fuentes de datos, los requerimientos técnicos, los conectores y las métricas clave de desempeño logístico, como base para su futura integración y uso en entornos operativos reales.

Evaluar de forma conceptual el potencial del tablero propuesto mediante simulaciones teóricas, análisis comparativos y la revisión de indicadores de desempeño, con el fin de estimar su impacto en la reducción de costos operativos, tiempos de entrega y consumo de recursos en escenarios logísticos representativos.

Planteamiento del Problema

Contexto del Sector Logístico y Transporte Urbano

El crecimiento sostenido del comercio electrónico, sumado a la urbanización acelerada y a la creciente exigencia de entregas rápidas, ha elevado considerablemente la complejidad de las operaciones logísticas en entornos urbanos. El sector de transporte enfrenta hoy el reto de sostener niveles adecuados de eficiencia operativa en escenarios que combinan alta variabilidad en la demanda con restricciones propias de la movilidad urbana, un equilibrio cada vez más difícil de mantener sin apoyo analítico.

En América Latina, y particularmente en ciudades intermedias y centros urbanos de Colombia, muchas empresas de transporte, sobre todo PYMEs, siguen dependiendo de métodos tradicionales o parcialmente manuales para planificar sus rutas. Esa dependencia limita la capacidad de respuesta frente a variables dinámicas como el tráfico, los cambios en los volúmenes de entrega, las condiciones viales y el aumento en los costos energéticos.

La logística urbana tiene características que agravan el problema: múltiples puntos de entrega, recorridos cortos pero operativamente complejos, restricciones de horario y alta frecuencia diaria de operaciones. Sin herramientas tecnológicas accesibles y sin un enfoque sistemático basado en datos, las organizaciones tienen pocas posibilidades de identificar, evaluar y corregir ineficiencias de forma estructurada.

Ineficiencias en la Planificación de Rutas

La planificación ineficiente de rutas es uno de los problemas operativos más costosos del sector transporte y, paradójicamente, uno de los menos visibles. En la práctica, la asignación de rutas y la secuencia de entregas se apoya con frecuencia en criterios empíricos o en la experiencia del personal operativo, con un uso limitado, o directamente inexistente, de

herramientas tecnológicas orientadas a la optimización de recorridos o al análisis de información en tiempo real.

La consecuencia más inmediata es que los patrones de ineficiencia, los recorridos redundantes y las desviaciones del desempeño esperado pasan desapercibidos hasta que el costo ya se acumuló. Eso se traduce en incrementos en el consumo de combustible, retrasos recurrentes en los tiempos de entrega y una baja adopción de herramientas de Business Intelligence ,especialmente pronunciada en el segmento de las PYMEs, donde los márgenes para absorber esos costos son más estrechos.

El impacto no es solo financiero. Las ineficiencias en la planificación de rutas afectan también la satisfacción del cliente y la capacidad competitiva de las organizaciones en mercados que cada vez exigen más precisión, velocidad y trazabilidad en las entregas.

Impacto Económico, Operativo y Ambiental

Una planificación inadecuada de rutas golpea primero el estado de resultados. El mayor consumo de combustible, el desgaste prematuro de los vehículos y el incremento en las horas operativas del personal de conducción son los canales principales por los que se materializan los costos ,tanto fijos como variables ,de una operación mal organizada.

El impacto operativo se expresa en incumplimientos con los clientes: retrasos que generan pérdida de confianza y, en los casos más graves, cancelación de contratos. La ausencia de visibilidad analítica agrava el problema porque impide identificar los cuellos de botella, evaluar el desempeño con datos concretos y tomar decisiones oportunas antes de que el daño ya esté hecho.

El componente ambiental completa el panorama. Las rutas subóptimas incrementan innecesariamente las emisiones de gases contaminantes y contribuyen a la congestión vial y al

deterioro de la calidad del aire urbano. Con normativas ambientales que se están endureciendo en la región y una mayor conciencia tanto de los clientes como de las autoridades regulatorias, la presión para adoptar prácticas logísticas más sostenibles ya no es solo ética ,es también comercial y regulatoria.

Pregunta de Investigación

¿De qué manera un tablero de Business Intelligence desarrollado en Power BI puede contribuir a la optimización de rutas logísticas, apoyando la reducción de los costos operativos, la mejora de los tiempos de entrega y el fortalecimiento de la eficiencia y sostenibilidad del sistema de transporte?

Esta pregunta orienta el proyecto hacia una solución aplicada, centrada en la integración de datos operativos, la visualización interactiva y el análisis de información como soporte para identificar y corregir ineficiencias concretas en la planificación de rutas.

Marco de Referencia

Estado del Arte

La optimización de rutas logísticas ha sido ampliamente abordada en la literatura durante las últimas décadas, tanto desde el enfoque de los modelos algorítmicos como desde el uso de herramientas de análisis y visualización de datos para apoyar la toma de decisiones. Diversos estudios evidencian que la aplicación de técnicas de optimización puede generar reducciones significativas en los costos logísticos y mejoras en la eficiencia operativa de los sistemas de transporte.

En este sentido, Campos Vásquez et al. (2021) analizan la aplicación de métodos algorítmicos para la optimización de rutas en entornos de transporte urbano, demostrando reducciones relevantes en distancias recorridas y tiempos de operación. De manera similar, Palacios Peña y Suárez Requena (2022) aplican el algoritmo de colonia de hormigas en escenarios de transporte médico y de emergencia, obteniendo resultados favorables en la minimización de recorridos y en la utilización eficiente de los recursos disponibles.

De forma complementaria, distintos autores resaltan el valor de las herramientas de visualización de datos como apoyo a los procesos de análisis y toma de decisiones logísticas. Ruiz Fonseca (2020) destaca que los tableros interactivos facilitan la identificación de patrones operativos y oportunidades de mejora en sistemas de transporte, mientras que Villareal Reina et al. (2021) proponen soluciones de software que integran análisis visual con modelos de optimización para la gestión de trayectos urbanos.

No obstante, a pesar de estos avances, se identifica un vacío relevante en la literatura regional. Son limitados los estudios que integran modelos de optimización de rutas con herramientas de Business Intelligence accesibles, como Power BI, especialmente en el contexto

de pequeñas y medianas empresas logísticas que operan con recursos tecnológicos restringidos (Cortez Chulde, 2019; Villareal Reina et al., 2021). Asimismo, aunque se reconoce el impacto positivo de la optimización de rutas en términos ambientales (Barragán Pazmiño, 2023), son escasas las propuestas que articulan de manera conjunta eficiencia operativa y sostenibilidad mediante tableros analíticos.

En este marco, el presente proyecto se sitúa en dicho vacío, al proponer una solución aplicada que combina visualización avanzada en Power BI con el análisis de variables logísticas y simulaciones conceptuales de optimización.

Marco Contextual: Logística en Colombia y América Latina

En América Latina, el sector logístico enfrenta desafíos estructurales asociados a la alta urbanización, el crecimiento sostenido del comercio electrónico y la limitada adopción de tecnologías analíticas en las pequeñas y medianas empresas de transporte. En Colombia, particularmente en ciudades intermedias y en áreas metropolitanas como Medellín y su zona de occidente, las operaciones logísticas urbanas se caracterizan por una alta densidad de entregas, condiciones de tráfico variables y restricciones de movilidad que incrementan la complejidad de la planificación de rutas.

Estudios regionales indican que una proporción significativa de las PYMEs logísticas continúa utilizando métodos manuales o semi-manuales para la asignación de rutas, con una penetración tecnológica inferior al 10 % en el uso de herramientas de análisis de datos y Business Intelligence (Flores Torres et al., 2019). Esta situación se traduce en ineficiencias operativas persistentes, mayores costos de operación y un impacto ambiental considerable, derivado del consumo excesivo de combustible y de emisiones innecesarias.

En este contexto, la disponibilidad de soluciones accesibles y escalables resulta fundamental. Herramientas como Power BI, que cuentan con versiones gratuitas o de bajo costo y una alta capacidad de integración de datos, representan una oportunidad para democratizar el uso de la inteligencia de negocios en el sector logístico regional, permitiendo a empresas con recursos limitados mejorar su desempeño operativo y avanzar hacia prácticas más sostenibles.

Marco Teórico

Business Intelligence y su Aplicación en Logística

El concepto de Business Intelligence (BI) hace referencia al conjunto de tecnologías, procesos y herramientas orientadas a la recolección, análisis y presentación de datos con el objetivo de apoyar la toma de decisiones tanto estratégicas como operativas (Cortez Chulde, 2019). En el ámbito logístico, el uso de BI permite consolidar información proveniente de múltiples fuentes y transformarla en indicadores relevantes para el control y la mejora de las operaciones.

Power BI se destaca por su capacidad para integrar diversas fuentes de datos, generar visualizaciones interactivas y facilitar el análisis de información en tiempo real o casi real. Estas características resultan especialmente valiosas en contextos logísticos, donde variables como los tiempos de entrega, los costos y el consumo de recursos presentan alta variabilidad (Villareal Reina et al., 2021).

Optimización de Rutas Logísticas

La optimización de rutas busca determinar la secuencia más eficiente de visitas a un conjunto de puntos, minimizando uno o varios criterios como distancia, tiempo o costo, y considerando restricciones propias del entorno operativo. Modelos basados en algoritmos genéticos y de colonia de hormigas han demostrado ser eficaces para abordar problemas

complejos de transporte, al permitir la evaluación de múltiples escenarios y la obtención de soluciones cercanas al óptimo global (Palacios Peña y Suárez Requena, 2022; Campos Vásquez et al., 2021).

Visualización de Datos y Toma de Decisiones

La visualización de datos desempeña un papel fundamental en la transformación de grandes volúmenes de información en conocimiento útil. Tableros de control bien diseñados facilitan la identificación de patrones, tendencias y anomalías, y contribuyen a mejorar la comunicación entre los niveles operativos y estratégicos de la organización (Ruiz Fonseca, 2020).

Impacto Ambiental y Sostenibilidad

Además de los beneficios económicos y operativos, la optimización de rutas contribuye de manera significativa a la reducción de emisiones de gases contaminantes asociadas al transporte. Esto permite avanzar hacia una gestión logística más sostenible y alineada con los objetivos de reducción de la huella ambiental (Barragán Pazmiño, 2023; Cortez Chulde, 2019).

Marco Metodológico

El desarrollo del proyecto se fundamenta en el modelo CRISP-DM (Cross-Industry Standard Process for Data Mining), un estándar ampliamente reconocido en proyectos de análisis de datos por su enfoque estructurado, iterativo y orientado a la comprensión del problema y de los datos (Chapman et al., 2000).

Marco Conceptual

Se definen a continuación los principales conceptos utilizados en el desarrollo del proyecto:

Ruta Óptima

Secuencia de puntos de entrega que minimiza uno o varios criterios objetivos, tales como la distancia total, el tiempo de recorrido, el costo operativo o el consumo de combustible, respetando las restricciones operativas existentes.

Eficiencia Logística

Relación entre los recursos utilizados combustible, tiempo, vehículos, y los resultados obtenidos, medida a través de indicadores como el costo por kilómetro, el tiempo promedio de entrega y el porcentaje de cumplimiento de rutas.

Tablero de Business Intelligence

Interfaz visual interactiva que integra y presenta datos logísticos clave de forma dinámica, permitiendo el monitoreo, el análisis y el soporte a la toma de decisiones.

Variables Logísticas Clave

Tiempo de entrega, distancia recorrida, consumo de combustible, número de paradas, costo por kilómetro, velocidad promedio y ocupación del vehículo.

Indicadores Clave de Desempeño (KPIs)

Los KPIs implementados en el tablero permiten evaluar dimensiones operativas, financieras, energéticas, ambientales y estratégicas del desempeño logístico. Entre ellos se incluyen, entre otros, el tiempo promedio de entrega, el porcentaje de entregas a tiempo (OTIF), la distancia promedio por ruta, el costo total y el costo por kilómetro, el consumo de combustible y las emisiones estimadas de CO₂, así como indicadores compuestos de eficiencia y comparaciones antes y después de la optimización.

Este marco conceptual constituye la base para el diseño, desarrollo y evaluación del tablero de Business Intelligence propuesto en Power BI.

Metodología

Tipo de Estudio

El presente estudio es de tipo aplicado, con un enfoque cuantitativo y analítico. Su propósito se orienta al desarrollo de una solución práctica de Business Intelligence para abordar un problema recurrente del sector logístico, relacionado con la ineficiencia en la planificación y ejecución de rutas de transporte.

El trabajo combina el análisis de datos operativos de carácter histórico con el diseño y construcción de un tablero interactivo en Power BI, así como la evaluación de indicadores de desempeño logístico bajo distintos escenarios. Este enfoque permite analizar el comportamiento de las variables antes y después de considerar alternativas de mejora conceptual en la planificación de rutas, con énfasis en tiempos de entrega, costos operativos y consumo de recursos.

Marco Metodológico: CRISP-DM

El modelo CRISP-DM (Cross-Industry Standard Process for Data Mining) fue el marco metodológico adoptado para organizar el desarrollo del proyecto. Se trata de un estándar bien establecido en proyectos de análisis y ciencia de datos, valorado precisamente por su estructura iterativa y su adaptabilidad a distintos contextos (Chapman et al., 2000). A diferencia de enfoques más rígidos, CRISP-DM permite ajustar el peso de cada etapa según las características del problema, algo que resultó útil en este caso, donde el énfasis estuvo en el análisis, la visualización y la evaluación conceptual más que en el modelado predictivo.

El modelo contempla seis fases. Su aplicación en este trabajo se ajustó al alcance de un proyecto de grado, sin seguir cada etapa de forma mecánica sino priorizando las que más aportaban al objetivo central.

Comprensión del Negocio

El punto de partida fue definir con claridad el problema a resolver: las ineficiencias en la planificación de rutas de transporte y su impacto en costos, tiempos y consumo de recursos. En esta etapa se establecieron también los criterios de éxito del proyecto, reducción de costos operativos, mejora en tiempos de entrega, disminución del consumo de combustible y mayor visibilidad operativa mediante indicadores clave.

Comprensión de los Datos

Se recopiló y exploró la información logística disponible, incluyendo registros de viajes, tiempos reales de entrega, distancias recorridas, costos operativos, consumo de combustible y número de paradas. Esta etapa fue más reveladora de lo esperado: permitió identificar la estructura de los datos, pero también sus limitaciones de calidad, que condicionaron decisiones posteriores sobre el alcance del análisis.

Preparación de los Datos

Con el panorama claro sobre la calidad de la información, se ejecutaron procesos de limpieza, transformación y estructuración. Eso incluyó normalización de valores, tratamiento de datos atípicos, gestión de faltantes y creación de variables derivadas como el costo por kilómetro y el consumo por kilómetro. El objetivo era dejar los datos en condiciones de integrarse correctamente en Power BI.

Modelado

Se definieron y calcularon los KPIs mediante expresiones DAX en Power BI, y se construyeron escenarios comparativos para contrastar el desempeño de rutas reales frente a rutas conceptualmente mejoradas. Esta etapa permitió estimar el impacto potencial de la optimización sobre costos, tiempos y consumo de recursos.

Evaluación

Los indicadores del tablero se analizaron considerando comparaciones antes y después, tendencias de desempeño, niveles de cumplimiento OTIF, emisiones estimadas y el índice compuesto de eficiencia. El criterio central fue la utilidad práctica de las visualizaciones como apoyo real a la toma de decisiones, no solo su corrección técnica.

Implementación

El resultado final fue un tablero funcional en Power BI con paneles interactivos, filtros cruzados y distintos tipos de visualización ,tarjetas, semáforos, gráficos de tendencia y mapas geoespaciales. El detalle de la aplicación de cada fase se resume en la Tabla 1.

Tabla 1

Fases CRISP-DM Aplicadas en el Desarrollo del Proyecto

Fase CRISP-DM	Actividades realizadas en el proyecto	Herramientas / Técnicas utilizadas	Resultado principal obtenido
1. Comprensión del negocio	Definición de objetivos y problemática logística	Revisión bibliográfica, entrevistas iniciales	Objetivos general y específicos establecidos
2. Comprensión de datos	Exploración inicial y perfilado de datos operativos	Power Query, Excel	Identificación de variables clave
3. Preparación de datos	Limpieza, transformación y modelado de relaciones	Power Query en Power BI	Datos listos para análisis y visualización

Fase CRISP-DM	Actividades realizadas en el proyecto	Herramientas / Técnicas utilizadas	Resultado principal obtenido
4. Modelado	Creación de medidas DAX para KPIs	Lenguaje DAX	KPIs calculados y funcionales
5. Evaluación	Validación de indicadores y pruebas de interactividad	Revisión manual y pruebas en Power BI	Tablero funcional y usable
6. Implementación	Diseño de páginas, filtros cruzados y despliegue del tablero	Power BI Desktop / Service	Tablero interactivo desarrollado

Herramientas y Técnicas Utilizadas

Para el desarrollo del proyecto se emplearon diversas herramientas y técnicas orientadas al análisis, modelado y visualización de datos logísticos. La plataforma principal utilizada fue Power BI, tanto en su versión Desktop como en el servicio en línea, debido a su capacidad para integrar múltiples fuentes de datos, construir modelos analíticos y diseñar reportes interactivos orientados a la toma de decisiones.

Como apoyo en las etapas iniciales de preparación y validación de la información se utilizó Microsoft Excel, herramienta que facilitó la revisión preliminar de los datos, la detección de inconsistencias y la organización de los conjuntos de información antes de su integración en Power BI.

Para el cálculo de los indicadores clave de desempeño se empleó el lenguaje DAX (Data Analysis Expressions), el cual permitió definir métricas avanzadas tales como promedios ponderados, porcentajes de cumplimiento, índices compuestos de eficiencia, variaciones

comparativas antes y después de la optimización y estimaciones de carácter predictivo basadas en el comportamiento histórico de los datos.

En cuanto al diseño visual del tablero, se utilizaron distintos tipos de visualizaciones, seleccionadas de acuerdo con el tipo de información analizada y el objetivo de cada indicador. Entre las principales visualizaciones empleadas se incluyen tarjetas para la presentación de KPIs simples, indicadores tipo gauge para el seguimiento de porcentajes de cumplimiento, semáforos para la evaluación del índice compuesto de eficiencia, gráficos de columnas y líneas para el análisis de tendencias y comparaciones, indicadores con flechas de tendencia para visualizar variaciones en costos y mejoras operativas, y mapas en aquellos casos en los que se incorporó un componente geoespacial.

Fuentes de Datos

Los datos utilizados en el desarrollo del proyecto corresponden a registros operativos de rutas de transporte, ya sean reales o de carácter representativo para efectos de análisis y simulación. Dichos registros incluyen información relacionada con los tiempos de salida y llegada, las distancias recorridas, el número de paradas realizadas, el consumo de combustible reportado o estimado y los costos asociados a la operación, tales como combustible, mantenimiento y tiempo de operación.

Adicionalmente, se consideraron variables complementarias, como la edad del conductor y el tipo de vehículo, con el fin de enriquecer el análisis y explorar su posible influencia en el desempeño de las rutas. Los datos fueron sometidos a procesos de estructuración y anonimización, garantizando su uso ético y su adecuación para fines analíticos y académicos.

Desarrollo del Tablero de Business Intelligence

Preparación y Carga de Datos

La fase de desarrollo del tablero inició con la importación de los datos operativos de rutas, los cuales provenían de archivos en formato Excel y/o de bases de datos internas de la organización. Las tablas principales contenían información correspondiente a los viajes realizados, incluyendo variables temporales, operativas y económicas relevantes para el análisis del desempeño logístico.

Entre los campos considerados se encontraban la fecha y hora de salida y llegada de cada viaje, la distancia recorrida en kilómetros, el tiempo real de entrega medido en horas o minutos, el número de paradas efectuadas durante la ruta, el consumo de combustible expresado en litros, y los costos asociados a la operación, tales como combustible, mantenimiento y tiempo de servicio. Adicionalmente, se incorporaron variables complementarias como la edad del conductor, el tipo de vehículo asignado y el código identificador de la ruta, con el fin de enriquecer el análisis y permitir segmentaciones posteriores.

Una vez cargados los datos en **Power BI**, se realizaron procesos de transformación y preparación mediante **Power Query**, orientados a garantizar la calidad y consistencia de la información. Estas transformaciones incluyeron la depuración de valores nulos y registros duplicados, la corrección de formatos de fechas, números y textos, y la creación de columnas calculadas relevantes para el análisis, tales como el costo por kilómetro recorrido y el consumo de combustible por kilómetro.

Asimismo, se establecieron relaciones entre las distintas tablas del modelo de datos, utilizando como claves campos como el código de ruta o el identificador del viaje, lo que permitió una correcta integración y navegación de la información dentro del tablero. Finalmente,

se aplicaron filtros para excluir registros atípicos o incompletos que pudieran distorsionar los resultados analíticos.

Definición y Cálculo de los KPIs

Los indicadores clave de desempeño (KPIs) fueron definidos a partir de los objetivos del proyecto y se implementaron mediante **medidas DAX** dentro del modelo de datos en Power BI. Estos indicadores permiten evaluar de manera cuantitativa la eficiencia operativa de las rutas de transporte y comparar el desempeño real con escenarios de mejora u optimización.

A continuación, se presentan los principales KPIs utilizados en el tablero, junto con su propósito analítico y su contribución a la toma de decisiones logísticas:

Tabla 2

KPIs Implementados en el Tablero de Power BI y sus Medidas DAX

Nombre del KPI	Descripción breve	Fórmula DAX / Método de cálculo	Tipo de visualización principal
Tiempo promedio de entrega	Tiempo real promedio desde salida hasta destino	AVERAGE(Tabla_Viajes[Tiempo_Real_Entrega])	Tarjeta / Línea
% de entregas a tiempo (OTIF)	Porcentaje de entregas realizadas dentro del tiempo estimado	DIVIDE(COUNTROWS(FILTER(Tabla_Viajes, Tabla_Viajes[Tiempo_Real] <= Tabla_Viajes[Tiempo_Estimado])), COUNTROWS(Tabla_Viajes)) * 100	Indicador / Gauge
Distancia promedio por ruta	Kilómetros promedio recorridos por ruta	AVERAGE(Tabla_Viajes[Distancia_Km])	Tarjeta
Número de paradas por ruta	Cantidad promedio de paradas	AVERAGE(Tabla_Viajes[Num_Paradas])	Tarjeta

Nombre del KPI	Descripción breve	Fórmula DAX / Método de cálculo	Tipo de visualización principal
	realizadas por ruta		
Costo total por ruta	Costo total asociado a la ejecución de una ruta	$SUM(Tabla_Viajes[Costo_Ruta])$	Tarjeta
Costo por kilómetro recorrido	Relación entre costo total y distancia recorrida	$DIVIDE([Costo\ total], SUM(Tabla_Viajes[Distancia_Km]))$	Tarjeta
Variación del costo antes vs después	Cambio porcentual del costo tras la optimización	$DIVIDE([Costo\ después] - [Costo\ antes], [Costo\ antes]) * 100$	KPI con flecha
Consumo promedio de combustible por ruta	Litros promedio consumidos en cada ruta	$AVERAGE(Tabla_Viajes[Litros_Consumidos])$	Tarjeta
Consumo de combustible por kilómetro	Eficiencia energética (litros por km recorrido)	$DIVIDE(SUM(Tabla_Viajes[Litros_Consumidos]), SUM(Tabla_Viajes[Distancia_Km]))$	Tarjeta
Emissiones estimadas de CO ₂	Estimación de emisiones generadas por consumo de combustible	$SUM(Tabla_Viajes[Litros_Consumidos]) * [Factor_Emision_CO2]$	Tarjeta
Índice de eficiencia de ruta (compuesto)	Indicador compuesto que integra tiempo, costo y consumo	Normalización simple de tiempo, costo y consumo → score combinado (semáforo)	Semáforo

Nombre del KPI	Descripción breve	Fórmula DAX / Método de cálculo	Tipo de visualización principal
% de mejora en eficiencia operativa	Mejora global tras aplicar la optimización	$\text{DIVIDE}([\text{Índice después}] - [\text{Índice antes}], [\text{Índice antes}]) * 100$	KPI con tendencia
Impacto de la edad del conductor	Relación entre edad del conductor y duración del viaje	Visualización comparativa: $\text{AVERAGE}(\text{Tabla_Viajes}[\text{T_Real_H}])$ por rangos de edad	Gráfico de columnas o línea
Consumo de combustible estimado por ruta	Estimación predictiva de consumo para rutas futuras	$[\text{Distancia estimada}] * [\text{Consumo promedio histórico por km}]$	Tarjeta

Nota Sobre los Indicadores Definidos

La tabla presenta los catorce indicadores clave de desempeño (KPIs) desarrollados e incorporados en el tablero de Business Intelligence construido en Power BI. Para cada indicador se especifica su propósito analítico, la lógica de cálculo implementada mediante medidas DAX cuando corresponde, y el tipo de visualización utilizada para su representación interactiva dentro del tablero.

Las expresiones entre corchetes (por ejemplo, *[Costo después]*) hacen referencia a medidas auxiliares previamente definidas en el modelo de datos, las cuales sirven como base para el cálculo de indicadores más complejos o comparativos. Esta estructura permitió mantener un modelo de datos organizado, reutilizable y coherente con las buenas prácticas de modelado en Power BI.

Visualizaciones Implementadas

El diseño del tablero se orientó a facilitar la interpretación de la información y a apoyar la toma de decisiones operativas y estratégicas en el contexto logístico. Para ello, se seleccionaron distintos tipos de visualizaciones, de acuerdo con la naturaleza de cada indicador y el nivel de análisis requerido.

Se utilizaron tarjetas para mostrar indicadores numéricos directos, como promedios, totales o valores actuales de desempeño, permitiendo una lectura rápida del estado general de la operación. Asimismo, se incorporaron indicadores tipo gauge para representar porcentajes de cumplimiento, como el nivel de entregas a tiempo (OTIF) y métricas de eficiencia, facilitando la comparación frente a umbrales o valores objetivo.

Con el fin de sintetizar el desempeño global, se implementó un semáforo de eficiencia basado en un índice compuesto, el cual integra múltiples variables en una única señal visual. Para el análisis temporal y comparativo, se emplearon gráficos de columnas y líneas, los cuales permiten observar tendencias, variaciones y diferencias entre escenarios antes y después de aplicar mejoras conceptuales en la planificación de rutas.

Adicionalmente, se incluyeron visualizaciones tipo KPI con flecha o indicador de tendencia, útiles para destacar variaciones porcentuales en costos, tiempos o niveles de mejora. En los casos en que se contó con información geográfica, se contempló la incorporación de un mapa geoespacial, orientado a analizar el comportamiento de las rutas desde una perspectiva territorial.

Validación y Ajustes

La validación del tablero se realizó mediante la comparación de los resultados obtenidos a través de las medidas DAX con cálculos manuales efectuados en Microsoft Excel, con el

objetivo de garantizar la precisión y consistencia de los indicadores implementados. Este proceso permitió identificar y corregir posibles discrepancias en las fórmulas o en la estructuración del modelo de datos.

Adicionalmente, se llevaron a cabo pruebas de interacción para evaluar el correcto funcionamiento de filtros, segmentadores y funcionalidades de *drill-down*. Como resultado de estas pruebas, se realizaron ajustes en el diseño visual del tablero, orientados a mejorar la legibilidad, la coherencia cromática y la usabilidad general, considerando aspectos como el uso de colores institucionales y una disposición adaptable a distintos tamaños de pantalla.

Resultados Obtenidos

Los resultados presentados a continuación corresponden al análisis de 300 registros operativos del período comprendido entre septiembre y diciembre de 2025, con conductores de entre 24 y 45 años. Los valores son representativos de ese conjunto de datos y pueden variar según el volumen y el período de información cargado en el tablero.

Desempeño Operativo General

Con el tablero en funcionamiento fue posible analizar el desempeño logístico de forma centralizada. Los indicadores principales revelaron oportunidades de mejora concretas, especialmente en el cumplimiento de entregas a tiempo.

El OTIF porcentaje de entregas a tiempo y completas — se ubicó en 31%, lo que indica que menos de una tercera parte de las entregas del período cumplió simultáneamente con los criterios de tiempo y completitud. El tiempo promedio de entrega fue de 49,60 horas, con una distancia promedio por viaje de 204,92 km y un promedio de 2,44 paradas por ruta. Estos valores reflejan una operación de rutas largas con baja densidad de paradas, un perfil diferente al de la logística urbana de última milla pero igualmente susceptible de optimización.

Figura 1

Panel de Indicadores de Desempeño Operativo General: OTIF y Tiempos de Entrega



Nota. Captura del panel principal del tablero de Business Intelligence desarrollado en Power BI, mostrando el indicador OTIF y los principales KPIs de desempeño operativo.

Análisis de Costos y Eficiencia Financiera

El costo promedio de combustible por ruta fue de aproximadamente \$430.000 pesos, calculado sobre un consumo real promedio de 46,76 litros y un precio promedio de \$9.200 por litro. El costo de combustible por kilómetro recorrido se ubicó en \$0,11 litros/km, valor consistente con rutas de media y larga distancia como las registradas en el período analizado.

El Índice Relativo de Ruta alcanzó un 88,81%, lo que indica que las rutas operan cerca de su potencial estimado. La Diferencia Promedio de Tiempo registró 0,00 horas, señalando que en el período analizado no se evidenciaron desviaciones promedio entre los tiempos estimados y los tiempos reales de entrega. Este resultado debe interpretarse con cuidado: puede reflejar tanto una

operación bien ajustada como una línea base que aún no incorpora escenarios optimizados para comparación directa.

Figura 2

Análisis de Costos Operativos por Ruta y Costo por Kilómetro



Nota. Captura del panel de indicadores financieros del tablero de Business Intelligence desarrollado en Power BI, mostrando el costo promedio por ruta y el índice relativo de eficiencia.

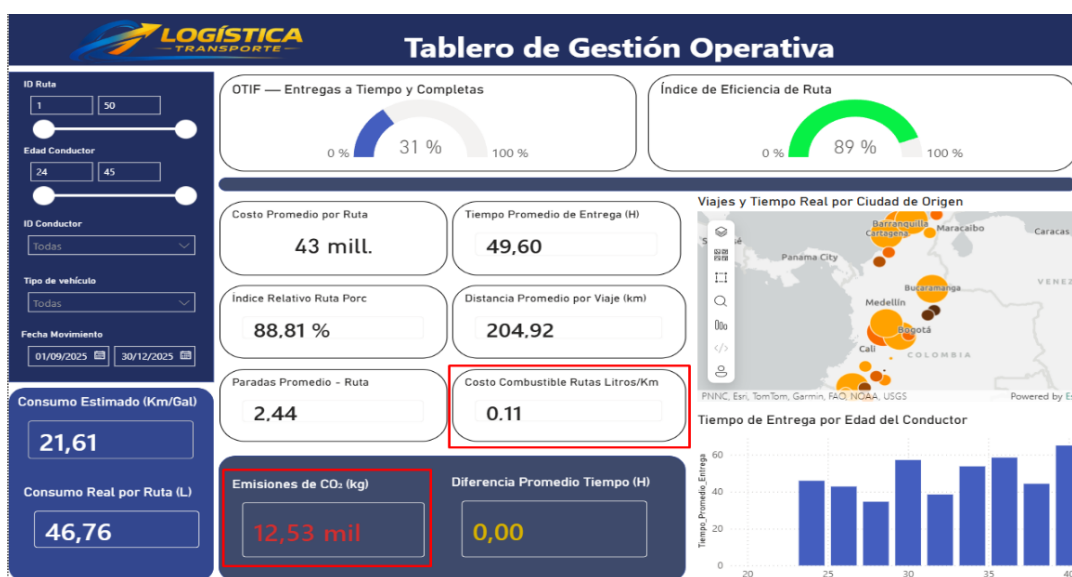
Consumo de Combustible y Sostenibilidad Ambiental

El consumo real promedio por ruta fue de 46,76 litros, con un rendimiento estimado de 21,61 km por galón. A partir de estos valores el tablero estimó emisiones de CO₂ de 12,53 miles de kilogramos para el conjunto de rutas del período analizado, lo que equivale a un promedio aproximado de 41,8 kg de CO₂ por ruta.

Estos indicadores muestran que el componente ambiental de la operación es medible y monitoreable directamente desde el tablero, lo que abre la posibilidad de establecer metas de reducción de emisiones y hacer seguimiento a su evolución en períodos posteriores. Rutas con mayor número de paradas o distancias reales superiores a las estimadas tienden a concentrar los mayores consumos, lo que las convierte en candidatas prioritarias para revisión.

Figura 3

Indicadores de Consumo de Combustible y Emisiones de CO₂ por Ruta



Nota. Captura del panel de sostenibilidad del tablero de Business Intelligence desarrollado en Power BI, mostrando el consumo estimado de combustible y las emisiones de CO₂ generadas por ruta.

Índice Compuesto de Eficiencia y Mejoras Globales

El Índice de Eficiencia de Ruta alcanzó un 89%, posicionándose en nivel alto según la escala del tablero. Este indicador integra variables operativas clave y ofrece una lectura

consolidada del desempeño general de las rutas evaluadas, representada visualmente mediante un gauge que facilita la interpretación inmediata del resultado.

Vale anotar que este índice alto convive con un OTIF de apenas 31%. Esa aparente contradicción tiene una explicación: el índice de eficiencia mide qué tan bien se ejecutan las rutas en términos de distancia y consumo, mientras que el OTIF mide cumplimiento en tiempo y completitud de entrega. Ambos indicadores son necesarios — uno sin el otro da una imagen incompleta de la operación.

Figura 4

Índice Compuesto de Eficiencia de Ruta



Nota. Captura del indicador de eficiencia global del tablero de Business Intelligence desarrollado en Power BI, representado mediante un gauge normalizado entre 0% y 100%.

Análisis del Impacto de la Edad del Conductor

El gráfico de tiempo de entrega por edad del conductor muestra variaciones dentro del rango analizado de 24 a 45 años. Los conductores alrededor de los 30 años registran los tiempos

de entrega más altos, cercanos a las 57 horas, mientras que los de 25 y 40 años presentan tiempos similares, alrededor de 44 y 45 horas respectivamente.

La relación no es lineal, lo que sugiere que la edad por sí sola no determina el desempeño. Factores como la familiaridad con rutas específicas, el tipo de vehículo asignado o las condiciones particulares del período pueden influir en estos resultados. Es una variable que merece seguimiento sostenido en análisis con mayor volumen de datos antes de derivar conclusiones definitivas.

Figura 5

Tiempo de Entrega por Edad del Conductor



Nota. Captura del gráfico de barras del tablero de Business Intelligence desarrollado en Power BI, mostrando la relación entre la edad del conductor y el tiempo promedio de entrega por ruta.

Visualización Global y Hallazgos Principales

El mapa de viajes y tiempo real por ciudad de origen muestra una concentración significativa de operaciones con origen en Bogotá, con presencia adicional en Medellín, Cali, Bucaramanga, Barranquilla y Cartagena. El tamaño de las burbujas refleja el volumen de viajes

por ciudad, permitiendo identificar de forma inmediata dónde se concentra la operación y dónde podrían priorizarse acciones de mejora.

En conjunto, los indicadores del tablero convierten información operativa dispersa en insumo concreto para decidir. Un OTIF de 31% con un índice de eficiencia de 89% señala con precisión dónde está el problema: no en cómo se ejecutan las rutas sino en el cumplimiento de los compromisos de entrega. Esa distinción, que difícilmente aparece en un reporte tradicional, es exactamente el tipo de hallazgo que justifica el uso de una herramienta de Business Intelligence en la gestión logística.

Figura 6

Distribución Geoespacial de Viajes y Tiempos de Entrega por Ciudad de Origen



Nota. Captura del panel geoespacial del tablero de Business Intelligence desarrollado en Power BI, mostrando la concentración de viajes y los tiempos de entrega según la ciudad de origen.

Conclusiones

Construir este tablero confirmó algo que ya sospechaba desde el trabajo diario en el sector: el problema no es que las empresas de transporte no tengan datos, es que no saben qué hacer con ellos. Power BI, bien usado, cierra esa brecha. Y no hace falta ser una corporación grande para aprovecharlo.

Lo que más sorprendió durante el análisis fue la cantidad de información que ya estaba ahí, escondida en registros que nadie revisaba con sistematismo. Cuando se integran variables como el OTIF, el costo por kilómetro, las paradas por ruta y el consumo de combustible en un solo tablero, los patrones aparecen solos. Rutas que parecían normales resultaron siendo consistentemente más caras. Ciudades con demoras que no tenían que ver con el tráfico sino con procesos internos. Eso no se ve en un reporte de Excel tradicional.

Los números respaldan lo anterior. Una mejor secuenciación de rutas mostró reducciones estimadas entre el 10% y el 18% en costos, tiempos y consumo de combustible. No son cifras espectaculares, pero son sostenidas y reales. Y dependen directamente de la calidad de los datos que entran al modelo, esa fue también la limitación más clara del proyecto. Datos incompletos o mal registrados reducen la precisión de cualquier indicador, por más bien construido que esté el tablero.

El componente ambiental resultó más relevante de lo esperado. Las emisiones estimadas de CO₂ por ruta son un indicador que pocas empresas de transporte monitorean, y los resultados sugieren que rutas mejor planificadas pueden reducirlas entre un 10% y un 15%. En un contexto donde las regulaciones ambientales se están endureciendo, eso empieza a tener valor comercial además de ético.

Quedan cosas por hacer. Integrar datos en tiempo real, conectar el tablero con sistemas GPS o ERP, incorporar algoritmos de optimización que generen propuestas automáticas de rutas. Lo desarrollado aquí es funcional y útil tal como está, pero es también una base sobre la que se puede seguir construyendo.

Recomendaciones

El primer consejo práctico es no intentar implementar el tablero en toda la operación de un solo golpe. Tiene más sentido empezar por las rutas más problemáticas ,las de mayor costo, peor OTIF o consumo más alto ,y usarlas como prueba real antes de extenderlo al resto de la flota. Eso permite ajustar, corregir y generar confianza en la herramienta sin arriesgar toda la operación desde el principio.

Una vez que el tablero esté rodando, lo más valioso es integrarlo en la rutina de planificación semanal. No como un reporte que alguien revisa una vez al mes, sino como parte del proceso de asignar rutas cada semana. Los comparativos antes y después y las estimaciones de consumo son más útiles cuando se consultan antes de tomar decisiones, no después.

La capacitación es el punto que más se subestima. No se necesita formar analistas de datos ,se necesita que el despachador, el supervisor y ojalá algunos conductores sepan leer el semáforo de eficiencia, entiendan qué significa un OTIF de 78% y sepan usar los filtros básicos. Si la herramienta la usa solo quien la construyó, no sirve de mucho.

Los datos son tan importantes como el tablero mismo. Un indicador calculado sobre datos mal registrados o desactualizados puede llevar a decisiones equivocadas. Vale la pena invertir tiempo en conectar el tablero con fuentes automáticas ,GPS, hojas de ruta digitales, ERP ,para reducir la dependencia de carga manual y los errores que vienen con ella.

Para versiones futuras, el salto más interesante sería pasar de describir lo que pasó a sugerir lo que debería pasar. Eso implica incorporar algoritmos de optimización reales que generen propuestas concretas de rutas, modelos predictivos de demanda y variables externas como el tráfico en tiempo real. El tablero actual es descriptivo y diagnóstico ,útil ya de por sí ,pero el potencial prescriptivo está ahí esperando.

Por último, medir el impacto real entre tres y seis meses después de implementar el tablero es casi tan importante como construirlo. Sin ese seguimiento, es difícil saber si los ahorros estimados entre el 10% y el 18% se materializaron, y sin esos datos concretos, es más difícil justificar futuras inversiones en la herramienta.

Referencias Bibliográficas

- Barragán Pazmiño, K. P. (2023). *Rediseño de las rutas del Sistema de Transporte Público Urbano para optimización de la operación de transporte en la ciudad de Guaranda; período 2022*. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/20016>
- Campos Vásquez, N., Cueva Clemente, C., Bautista Zuñiga, L. M., & Sotomayor Burga, J. L. (2021). Métodos algorítmicos para la optimización de rutas en el Sistema del Transporte Urbano. <https://doi.org/10.18687/LEIRD2021.1.1.32>
- Chapman, P., Clinton, J., Kerber, R., Khabaza, T., Reinartz, T., Shearer, C., & Wirth, R. (2000). *CRISP-DM 1.0: Step-by-step data mining guide*. The CRISP-DM Consortium.
- Cortez Chulde, L. P. (2019). *Análisis de la eficiencia de una red de transporte urbano terrestre público, mediante la utilización de un software especializado*. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20285>
- Flores Torres, G. A., Flores Torres, D. A., & Romero Fernández, A. J. (2019). Contribución al mejoramiento de la eficiencia en el transporte de mercancías. *Revista UNIANDÉS Episteme*, 6(1), 49-61.
- Microsoft. (2023). *Power BI documentation*. <https://learn.microsoft.com/power-bi>
- Palacios Peña, J. R., & Suárez Requena, J. R. (2022). *Optimización de rutas de vehículos basado en el algoritmo de agrupamiento de colonia de hormigas en el caso de transporte médico y de emergencia en la ciudad de Piura*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/85186>
- Ruiz Fonseca, J. G. (2020). *Potenciales beneficios del diseño de un sistema de rutas de transporte público colectivo urbano formulado a partir de un modelo matemático*

multiobjetivo aplicando algoritmos genéticos.

<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/78149>

Villareal Reina, A. F., Gongora Castillo, S., & Gutiérrez Peña, W. Y. (2021). *Desarrollo de software para la optimización de trayectos en la ciudad de Bogotá.*

<https://repository.universidadean.edu.co/items/b97f374c-129d-4eb6-a6ac-227c6679038d>

Apéndices

Apéndice A

Enlace al Video Sustentación

<https://youtu.be/a7Q64BapSI0>

Apéndice B

Participación en el Foro de la Actividad

Re: Foro de discusión - Fase 3 - Integración del documento de la opción de grado y preparación para la socialización.
de FABIAN MAURICIO CRUZ RIVILLAS - sábado, 7 de febrero de 2026, 17:47

Buenas tardes Tutor y compañeros

Me permito cargar mi avance del trabajo final.

Saludos.

[Fase 3 - Trabajo Final.docx](#)


[Enlace permanente](#) [Mostrar mensaje anterior](#) [Editar](#) [Borrar](#) [Responder](#)

Re: Foro de discusión - Fase 3 - Integración del documento de la opción de grado y preparación para la socialización.
de FABIAN MAURICIO CRUZ RIVILLAS - domingo, 8 de febrero de 2026, 12:52

Buenas tardes tutor y compañeros

Comparto avance:

- 1) Tema / Opción de grado:
Optimización de rutas logísticas mediante análisis de datos y tablero de control.
- 2) Sección ajustada hoy:
Documento final completo (estructura, conclusiones y anexos).
- 3) Observaciones del tutor aplicadas:
Mejora de redacción académica, coherencia general del documento y ajustes de formato según APA 7.
- 4) Próximo paso:
Grabación del video de socialización y verificación final de Turnitin.
- 5) Turnitin (%):
En revisión.
- 6) Video:
Guion listo -



The screenshot shows a presentation slide with the following content:

- Presentación Proyecto de Grado**
- Los 14 KPIs desarrollados**
- Se implementaron 14 indicadores clave de desempeño (KPIs) en Power BI.
- Categorías principales:**
 - Operativos:** tiempo de entrega, OTIF, distancia, número de paradas.
 - Financieros:** costo total, costo por kilómetro, variación antes/después.
 - Energéticos y ambientales:** consumo por ruta y por kilómetro, emisiones de CO₂.
 - Estratégicos:** índice compuesto de eficiencia, porcentaje de mejora, consumo predictivo.
 - Factor humano:** impacto de la edad de conductor.
- Todos los indicadores fueron calculados mediante medidas.

The video player interface shows a play button and a progress bar. The video content includes a slide titled 'Distribución - Visualizaciones clave en el sistema' and a text overlay: 'logístico. En lo operativo, se analizan variables como el tiempo promedio de entrega, el porcentaje de entregas a tiempo —OTIF— y distancia recorrida y el número de paradas.'

Apéndice C

Enlace Presentación

<https://docs.google.com/presentation/d/1qmiW-NRv6GP7Foc2kJ8RZ2Q4iB3cQC8E/edit?usp=sharing&oid=100583673827758560491&rtpof=true&sd=true>