



Universidad Politécnica  
de Madrid



**Escuela Técnica Superior de  
Ingenieros Informáticos**

Grado en Administración y Dirección de Empresas

Trabajo Fin de Grado

**Comercio Electrónico y Logística de  
Última Milla en Distribución: Gráficos e  
Indicadores Clave de Rendimiento  
mediante Power BI**

Autor: Pablo Sánchez Sánchez

Tutor: Jorge Pablo Diaz Velilla

Madrid, Enero 2025

Este Trabajo Fin de Grado se ha depositado en la ETSI Informáticos de la Universidad Politécnica de Madrid para su defensa.

*Trabajo Fin de Grado*

*Doble Grado en Ingeniería Informática y Administración y Dirección de Empresas*

*Título:* Comercio electrónico y logística de última milla en distribución:  
gráficos e indicadores clave de rendimiento mediante Power BI

*Autor:* Pablo Sánchez Sánchez

*Tutor:*

Jorge Pablo Diaz Velilla

Departamento de Ingeniería de Organización, Administración de  
Empresas y Estadística

ETSI Informáticos

Universidad Politécnica de Madrid

# Resumen

El presente Trabajo de Fin de Grado analiza el comercio electrónico y la logística de última milla, centrándose en la visualización y análisis de indicadores clave de rendimiento (KPIs) mediante Microsoft Power BI. En un contexto de crecimiento exponencial del comercio electrónico, especialmente impulsado por la pandemia de COVID-19, la logística de última milla se ha convertido en un desafío crítico para satisfacer las expectativas de los consumidores y optimizar recursos.

El objetivo principal del estudio es demostrar cómo las herramientas de Business Intelligence pueden mejorar la eficiencia operativa y facilitar la toma de decisiones estratégicas. Para ello, se ha utilizado una base de datos real proporcionada por Cainiao Network, que incluye más de 10.000 millones de registros de entregas en cinco ciudades de China. Los datos fueron procesados y organizados con Python, empleando librerías como Pandas y OpenRouteService, y posteriormente analizados y visualizados en Power BI a través de un cuadro de mando interactivo dividido en cuatro secciones: información global, información local, datos económicos y datos medioambientales.

Entre los principales hallazgos se destaca que las rutas de entrega optimizadas, la transición hacia flotas de vehículos eléctricos y la redistribución estratégica de almacenes pueden reducir significativamente los costos operativos y las emisiones de carbono. Asimismo, el análisis visual de los KPIs permitió identificar patrones en la distribución horaria, la asignación de recursos humanos y la eficiencia energética, ofreciendo soluciones prácticas para mejorar la logística de última milla.

El trabajo concluye que la integración de herramientas como Power BI no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también contribuye al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), como la acción por el clima, la innovación industrial y el consumo responsable. Este estudio demuestra que el análisis de datos y las tecnologías avanzadas son esenciales para afrontar los retos del comercio electrónico en un entorno cada vez más competitivo y sostenible.

# Abstract

This paper explores e-commerce and last-mile logistics, focusing on the visualization and analysis of key performance indicators (KPIs) using Microsoft Power BI. In the context of exponential growth in e-commerce, driven particularly by the COVID-19 pandemic, last-mile logistics has become a critical challenge to meet consumer expectations and optimize resources.

The primary objective is to demonstrate how Business Intelligence tools can enhance operational efficiency and support strategic decision-making. The study leverages a real-world dataset provided by Cainiao Network, comprising over 10 billion delivery records across five Chinese cities. Data was processed and organized using Python libraries such as Pandas and OpenRouteService, and subsequently analyzed and visualized through an interactive Power BI dashboard divided into four sections: global information, local information, economic data, and environmental data.

Key findings highlight that optimizing delivery routes, transitioning to electric vehicle fleets, and strategically redistributing warehouses can significantly reduce operational costs and carbon emissions. The visual analysis of KPIs identified patterns in delivery schedules, resource allocation, and energy efficiency, providing actionable solutions to enhance last-mile logistics.

The study concludes that integrating tools like Power BI not only improves operational efficiency but also contributes to achieving Sustainable Development Goals (SDGs), such as climate action, industrial innovation, and responsible consumption. This research underscores the importance of data analysis and advanced technologies in addressing the challenges of e-commerce within an increasingly competitive and sustainable environment.

# Tabla de contenidos

<b>1</b>	<b>Introducción</b>	<b>1</b>
1.1	Objetivos	2
1.2	Planificación del trabajo	2
1.3	Estructura de la memoria	3
1.4	Hipótesis	4
<b>2</b>	<b>Revisión bibliográfica</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Metodología</b>	<b>12</b>
3.1	Obtención de datos	12
3.1.1	OpenRouteService	13
3.1.2	Pandas	14
3.1.3	DAX de Power BI	15
3.2	Diseño del cuadro de mando	16
3.3	Selección KPI	17
<b>4</b>	<b>Resultados</b>	<b>19</b>
4.1	Presentación del Dashboard	20
4.1.1	Información global	21
4.1.2	Información local	23
4.1.3	Datos económicos	28
4.1.4	Datos medioambientales	32
4.2	Análisis de los resultados	33
4.3	Toma de decisiones	36
4.3.1	Reducción de gastos	36
4.3.1.1	Optimización de rutas de entrega	36
4.3.1.2	Optimización de la flota de vehículos	36
4.3.1.3	Distribución equitativa de repartidores	37
4.3.1.4	Reorganización estratégica de almacenes	37
4.3.1.5	Reducción del uso de coches en la flota	37
4.3.2	Reducción de impacto medioambiental	37
4.3.2.1	Reducción de vehículos no electrificados	37
4.3.2.2	Mejora de las rutas de entrega	38
4.3.3	Reducción de impacto a la marca	38
4.3.3.1	Mejora del servicio	38
4.3.3.2	Reducción del impacto medioambiental	38
<b>5</b>	<b>Discusión</b>	<b>40</b>
<b>6</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>42</b>
<b>7</b>	<b>Análisis del impacto</b>	<b>43</b>
<b>8</b>	<b>Bibliografía</b>	<b>45</b>
<b>9</b>	<b>Índice de tablas e ilustraciones</b>	<b>47</b>



# 1 Introducción

La logística se ha apoderado de una parte importante de la economía en los últimos años. Hace apenas 25 años, las empresas encargadas de entregas al usuario final, como las de paquetería, estaban empezando a desaparecer debido a una reducción sustancial de la utilización de la carta como medio de comunicación a larga distancia. Poco después, su supuesto verdugo, internet, resultó ser su salvación. La aparición del comercio electrónico fue una revolución para la logística, ya que los productos no solo se enviaban a las empresas, sino también a los consumidores.

Desde entonces, el comercio electrónico ha ido creciendo, apareciendo grandes empresas como Amazon o el grupo Alibaba que se han situado entre las empresas más cotizadas actualmente [1]. El comercio electrónico ha experimentado un crecimiento exponencial en los últimos años, especialmente debido a la pandemia mundial de COVID-19 [2]. Esta situación tan anómala ha provocado un cambio significativo en los hábitos de consumo de la población, y cada vez más personas pasan al comercio electrónico como primera opción. Esto ha creado una mayor necesidad de una logística de última milla eficiente y efectiva para satisfacer la creciente demanda de entregas a domicilio.

La logística de última milla, que se puede definir como la última etapa de un proceso de entrega que incluye todas las actividades y procesos necesarios de la cadena de entrega [3], resulta muy importante a la hora de analizar la economía actual, ya que el 6% del producto interior bruto español proviene de Transporte y Almacenaje [4] y entre el 13 y el 75% del coste total de la logística de un paquete se contabiliza sobre únicamente la última milla [5], además de las consecuencias ecológicas de esta.

Un análisis de comercio electrónico y logística de última milla es importante para entender cómo se está adaptando el mercado a la evolución constante del comercio y las necesidades cambiantes de los consumidores. Ha crecido modelo de negocio basado únicamente en la entrega desde el último almacén hasta el consumidor, aumentando drásticamente la dificultad a la hora de planificar las rutas. Las empresas deben seguir innovando y mejorando sus procesos para mantenerse al día con las tendencias y ofrecer experiencias de compra sin problemas y satisfactorias a sus clientes.

La eficacia de la entrega se puede mejorar, entre otros factores, con el tiempo y costes. Por ejemplo, la mejora de estos queda directamente relacionada con el cálculo de rutas, los cuales dependen directamente de la recolección de datos y la utilización de los mismos.

El objetivo del trabajo es abordar de manera sistemática y analítica la relevancia de la logística de última milla, sector clave para el futuro del transporte y distribución. Para ello se utilizarán herramientas de análisis de datos como Power BI y el lenguaje de programación Python, son los cuales se crearán una serie de gráficas que explique de forma sencilla el desarrollo de este mercado desde el punto de vista de una empresa del sector.

## 1.1 Objetivos

- Analizar los principales indicadores clave de rendimiento (KPIs) en la logística de última milla: Busca identificar y estudiar los indicadores más relevantes para medir la eficiencia y efectividad de los procesos logísticos en la última etapa de la cadena de suministro.
- Utilizar Microsoft Power BI como herramienta para visualizar y analizar dichos indicadores: Con el fin de facilitar la comprensión y el análisis de los datos, se empleará Power BI para crear una serie de cuadros de mando interactivos que permitan interpretar de forma clara y dinámica los KPIs identificados.
- Relacionar los resultados obtenidos con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS): Se evaluará cómo los hallazgos del análisis pueden contribuir al cumplimiento de los ODS establecidos por las Naciones Unidas, ya que esta industria es fundamental para el desarrollo de la economía en escala pero igualmente dañina para el medio ambiente.

## 1.2 Planificación del trabajo

La planificación utilizada se basa en llegar a los objetivos secundarios que se exponen en el punto anterior:

- Aprender a obtener grandes cantidades de datos ("big data") y aplicarlos al entorno de los negocios:
  - Búsqueda de orígenes de bases de datos fiables: Se realizará una investigación para identificar fuentes fiables de datos relevantes para el estudio, como bases de datos especializadas, informes de investigación y conjuntos de datos de calidad.
  - Selección de los datos más adecuados: Se procederá a analizar y evaluar los datos disponibles para determinar cuáles son más útiles para los objetivos del estudio.
- Adquirir conocimiento sobre el comercio electrónico:
  - Lectura de publicaciones en medios especializados: Se llevará a cabo una revisión de artículos, informes y recursos en medios especializados económicos para comprender a fondo las tendencias, desafíos y estrategias relevantes en el comercio electrónico.
  - Lectura de artículos relacionados con el tema: Se revisarán investigaciones académicas, informes sectoriales y publicaciones relevantes que aborden específicamente aspectos clave del comercio electrónico.
- Establecer KPIs claves relativos al comercio electrónico:
  - Búsqueda de información: Se realizará una investigación profunda para identificar los KPIs más relevantes y utilizados en la industria del comercio electrónico.
  - Selección de las KPIs más adecuadas: Se llevará a cabo una evaluación para seleccionar los KPIs más pertinentes que

permitan medir y evaluar eficazmente el desempeño del comercio electrónico.

- Procesar datos obtenidos (reales o virtuales) con Microsoft Power BI:
  - Procesado de la Información mediante Power BI: Se utilizará la herramienta Microsoft Power BI para realizar la limpieza, transformación y análisis de los datos recopilados.
  - Creación de tablas: Se desarrollarán tablas y gráficos representativos que ayuden a visualizar y comprender los datos.
  - Composición de un panel: Se creará un panel de control utilizando Power BI para presentar de manera clara y concisa los resultados obtenidos.
  
- Interpretar resultados e inferir conclusiones:
  - Analizar los datos obtenidos: Se llevará a cabo un análisis profundo de los datos procesados y se identificarán patrones, tendencias o correlaciones significativas.
  - Llegar a conclusiones: Se extraerán conclusiones significativas basadas en el análisis de datos, permitiendo responder a las preguntas de investigación planteadas y sacar inferencias relevantes.
  
- Escritura de memoria:
  - Se redactará una memoria que refleje el proceso, los hallazgos, análisis y conclusiones obtenidas a lo largo de la investigación y el análisis de datos en el campo del comercio electrónico y la logística de última milla en distribución.

### **1.3 Estructura de la memoria**

El resto de la memoria se estructurará de la siguiente forma:

1. Introducción: La introducción expone qué es la logística de última milla, un sector clave en la cadena de suministro, destacando su impacto en el transporte, la distribución y los desafíos urbanos como el tráfico y la sostenibilidad. Además, se relaciona con las tendencias actuales, como el auge del comercio electrónico y las necesidades de optimización operativa.
2. Revisión bibliográfica: La revisión bibliográfica aborda conceptos clave, comenzando con la definición, evolución y desafíos de la logística de última milla. Analiza los principales KPIs como tiempo de entrega, coste por pedido y emisiones de CO2. También incluye una introducción al uso de herramientas de Business Intelligence como Power BI.
3. Metodología: En este apartado, se describen las fuentes de datos utilizadas, cómo se procesan y limpian para integrarse en Power BI. También se detalla el diseño del cuadro de mando, explicando la selección y visualización de los KPIs y las técnicas de análisis empleadas, vinculándolas con la toma de decisiones estratégicas.

4. Resultados: Se presentan los resultados a través del diseño del dashboard interactivo en Power BI, incluyendo capturas y ejemplos gráficos. Los KPIs seleccionados son interpretados y comparados en diferentes escenarios, ilustrando el impacto en la toma de decisiones estratégicas basadas en datos.
5. Discusión: La discusión analiza las implicaciones prácticas de los resultados para empresas logísticas, identificando limitaciones como la calidad de los datos y posibles sesgos en los análisis. También se profundiza en cómo los hallazgos contribuyen al cumplimiento de los ODS, destacando la sostenibilidad y la eficiencia económica.
6. Conclusiones y recomendaciones: En las conclusiones, se resume lo aprendido en relación con la hipótesis planteada, ofreciendo recomendaciones para mejorar la gestión logística en la última milla. Además, se sugieren líneas futuras de investigación, como el uso de aprendizaje automático o datos en tiempo real.
7. Bibliografía: Se incluyen todas las fuentes utilizadas durante el desarrollo del trabajo, siguiendo las normas de citación establecidas por la universidad.
8. Anexos: Los anexos recogen información adicional como detalles técnicos del diseño del dashboard, ejemplos de bases de datos empleadas.

## **1.4 Hipótesis**

La hipótesis de este TFG se basa en la premisa de que las herramientas de Business Intelligence como Power BI, al proporcionar visualizaciones claras y análisis dinámicos, permiten identificar patrones y tomar decisiones fundamentadas. Esto es especialmente relevante en la logística de última milla, donde la eficiencia operativa y la sostenibilidad son factores críticos. A lo largo de este trabajo, se buscará validar esta hipótesis mediante la creación de un cuadro de mando en Power BI y el análisis de los resultados obtenidos.

## 2 Revisión bibliográfica

Para comprender la logística de última milla es necesario entender su contexto dentro de la economía y sociedad, por lo que vamos a empezar por una visión más general. El comercio electrónico, su principal impulsor como ya hemos afirmado en la introducción, es un término genérico que abarca diversas tecnologías y servicios de información utilizados para mejorar las prácticas comerciales, desde el servicio al cliente hasta la coordinación interempresarial. Un ejemplo común es el intercambio de bienes y servicios a través de Internet, aunque también existen otras formas como la compra electrónica controlada o los centros comerciales virtuales, más de esto en el siguiente segmento.

El comercio electrónico no es una actividad completamente nueva. Ha existido tradicionalmente a través de medios como el intercambio electrónico de documentos (EDI), los códigos de barras y la mensajería interempresarial. Dependiendo de la definición de este, su inicio se puede situar en la introducción de internet al público general en los años noventa del siglo pasado o los primeros sistemas electrónicos de pedida de alimentos implementados a finales de los años sesenta. Sin embargo, estos medios tradicionales dependían en gran medida de redes de valor agregado (VAN) y redes de mensajería privada, que eran costosas y ofrecían conectividad limitada. Con la llegada de Internet, que ofrece conectividad mundial, bajo costo y capacidades interactivas, el comercio electrónico ha experimentado un gran desarrollo.

Aunque forma parte de nuestra vida diaria y no es fácil clasificarlo, el comercio electrónico se puede dividir en seis tipos básicos de mercado:

- Business-to-Business (B2B):
  - El comercio electrónico B2B incluye todas las transferencias electrónicas de productos o servicios entre empresas. En general, los productores y las compañías industriales mayoristas tradicionales utilizan este enfoque para el comercio electrónico. *Un ejemplo podría ser una fábrica de componentes electrónicos que vende sus productos a una empresa que fabrica dispositivos electrónicos.*
  
- Business-to-Consumer (B2C):
  - Las asociaciones electrónicas entre empresas y consumidores finales forman parte del comercio electrónico B2C. Esta es la sección de compras en línea, donde generalmente se realiza el comercio minorista convencional. Estos estilos de asociación pueden ser más simples, más complejos e intermitentes y pueden discontinuarse. Este tipo de negocio se ha expandido considerablemente debido al auge de Internet, con una gran cantidad de tiendas en línea y centros que ofrecen productos de todo tipo, como computadoras, electrónica, libros, accesorios, automóviles, alimentos, materiales financieros y publicaciones digitales. A diferencia de las ventas minoristas en el comercio convencional, el comprador generalmente tiene más conocimiento sobre el contenido disponible y se acepta generalmente que se puede comprar más barato, sin comprometer una experiencia de cliente igualmente individual, además de prometer un fácil

procesamiento y distribución. Un ejemplo de esto es Amazon, donde los consumidores pueden comprar una amplia variedad de productos directamente de la empresa.

- Consumer-to-Consumer (C2C)
  - El comercio electrónico tipo C2C abarca todo el comercio de bienes o servicios electrónicamente entre clientes. Normalmente, este intercambio se realiza a través de un tercero que ofrece una plataforma de transacción en línea. Como ejemplo tenemos a eBay, donde los usuarios pueden vender y comprar productos entre sí.
  
- Consumer-to-Business (C2B)
  - En el C2B se invierte el contexto habitual del intercambio de bienes. Este método de comercio electrónico se utiliza ampliamente en empresas basadas en crowdsourcing. Para las empresas que apuntan específicamente a algunos tipos de servicios o artículos, los individuos también venden sus servicios o productos. Estos eventos incluyen ubicaciones en las que los artistas solicitan varias sugerencias para un logotipo y solo se selecciona y compra uno con éxito. Otro medio popular en este segmento empresarial son los mercados que venden fotos, medios y elementos de diseño libres de regalías. Por ejemplo, Shutterstock, donde fotógrafos y diseñadores venden sus imágenes y gráficos a empresas.
  
- Business-to-Administration (B2A)
  - Esta porción comprende todas las transacciones en línea entre empresas y el gobierno. Esto cubre una amplia variedad de programas diversos, especialmente en áreas como impuestos, seguridad social, atención médica, documentación legal y registros, etc. Estos modos de servicios se han expandido significativamente en los últimos años gracias a la inversión en gobierno electrónico. Por ejemplo, empresas de software que venden soluciones de gestión de impuestos a las agencias gubernamentales.
  
- Consumer-to-Administration (C2A)
  - El modelo C2A incluye todas las compras electrónicas entre los gobiernos y los individuos. Los aspectos destacados de la aplicación incluyen:
    - Educación: difusión de información, aprendizaje a distancia, etc.
    - Seguridad Social: a través de la distribución de información, realización de pagos, etc.
    - Impuestos: presentación de declaraciones de impuestos, pagos, etc.
    - Salud: citas, información sobre enfermedades, pago de servicios de salud, etc.
  - Un ciudadano que paga sus impuestos en línea a través del portal del gobierno o que programa citas médicas a través de una plataforma de

salud en línea del gobierno podrían considerarse ejemplos de este tipo. [6]

Dentro de esta clasificación, la logística es un factor principal en todas las clases. Sin embargo, la logística de última milla se concentra en B2C y C2B, que corresponden a los procesos de logística habitual y la logística inversa. Ambas clases se encuentran en auge, ya que las empresas que permiten la compra de productos a través de internet suelen presentar una política de devolución permisiva que resulta en porcentajes de devolución cercanos al 25%, siendo la venta de ropa su principal centro [7].

En cuanto a tecnología, pese al gran desarrollo que está teniendo lugar actualmente gracias a su importancia en el mercado mundial, el comercio electrónico aún requiere avances significativos en varias áreas. Estos incluyen la necesidad de una integración real de tecnologías subyacentes, el desarrollo de servicios más maduros y características como el soporte estructurado para contactos iniciales, búsqueda y negociación de proveedores, intercambio de información, soporte pre y post venta, pagos electrónicos y coordinación de empresas virtuales. [8]

La logística de última milla es uno de los retos del comercio electrónico. Pese a su importancia actualmente, no existe un consenso general a la hora de definirla. La definición más precisa podría ser la fase final en el proceso de entrega desde una estación de tránsito hasta el cliente. [3] Esta enfrenta desafíos significativos en eficiencia y experiencia del cliente debido a la naturaleza dinámica de las demandas de servicios logísticos. Involucra el transporte de paquetes desde estaciones de tránsito hasta clientes individuales, típicamente utilizando motos, coches o furgonetas pequeñas para servicios puerta a puerta, en ocasiones incluso vehículos menores como bicicletas o scooters. La eficiencia y la satisfacción del cliente son primordiales en este segmento de la cadena de suministro.

Algunos de los principales desafíos a los que se enfrentan las empresas al intentar abarcarla se pueden resumir en:

- **Recogida y Entrega Dinámicas:** La imprevisibilidad de las solicitudes de recogida durante los ciclos de entrega causa conflictos espaciotemporales, afectando la eficiencia general de la entrega.
- **Distribución Desigual de la Demanda:** Las Áreas de Interés (AOI) en las ciudades varían significativamente en tamaño, forma y función (por ejemplo, residencial, industrial, comercial), lo que lleva a volúmenes de paquetes y demandas de entrega desbalanceados.
- **Patrones de Cooperación Complejos:** Los mensajeros tienen preferencias personales basadas en su familiaridad con ciertas áreas, lo que complica la asignación de áreas de entrega sin reducir la eficiencia de la cooperación.

Actualmente, para abordar estos desafíos, se han desarrollado e implementado varios enfoques tecnológicos:

- Aprendizaje por Refuerzo para la Asignación de Áreas de Entrega:
  - Aprendizaje por Refuerzo Cooperativo Basado en Grupos (GCRL): Este marco optimiza la logística de última milla formando equipos óptimos de mensajeros a través de un mecanismo de atención multinivel. El marco incluye un generador de grafos para representar dependencias de decisión y coordinar comportamientos dependientes entre mensajeros. Ha demostrado una mejora del 12% sobre los métodos tradicionales en experimentos del mundo real.
  - Estrategia Basada en Grafos: La estrategia coordina los comportamientos de los mensajeros aprovechando información a nivel comunitario de AOI y datos de comportamiento de usuarios, proporcionando un contexto espaciotemporal para las asignaciones de tareas.
  
- Sistemas Multiagente:
  - El problema de asignación de áreas de entrega puede modelarse como un Proceso de Decisión de Markov Multiagente (MMDP), donde cada área de entrega se trata como un agente. Este modelo considera los estados y acciones de los mensajeros dentro de las AOI, facilitando una mejor coordinación y eficiencia en las operaciones de entrega.
  
- Algoritmos Avanzados:
  - Modelo de Atención Multinivel: Construye grupos asociados de mensajeros para mejorar los servicios cooperativos de recogida y entrega.
  - Marco Encoder-Decoder: Factoriza la política conjunta del equipo en un generador de grafos y una política coordinada basada en grafos, permitiendo comportamientos coordinados entre mensajeros.

La evolución continua de la logística de última milla probablemente verá una mayor integración de técnicas avanzadas de aprendizaje automático, dispositivos IoT para monitoreo y seguimiento en tiempo real, y blockchain para operaciones logísticas seguras y transparentes. Las mejoras en algoritmos de enrutamiento dinámico y vehículos de entrega autónomos también presentan vías prometedoras para futuras investigaciones y aplicaciones. [9]

Para poder mejorar la calidad y experiencia de la logística de última milla, es necesario realizar una toma de datos para analizarlos a posteriori. Se deben seleccionar una serie de indicadores clave de desempeño (KPI) que una vez calculados nos permitan presentarlos en unas gráficas para visualizar de forma sencilla y eficaz la situación, permitiendo la toma de decisiones. La elección de

estos resulta crucial, ya que la obtención y análisis de unos datos poco significativos puede llevar a pérdidas de fondos y tiempo. Los KPI se pueden clasificar según el stakeholder que los consideren necesarios, como se muestra en la tabla 1. En el caso de la logística de última milla se pueden identificar muchos stakeholders, aunque los que vamos a considerar en este caso son los siguientes:

- Clientes finales: aquellos que tienen que recibir el producto final.
- Empresa de transporte: las encargadas de llevar el producto desde el último almacén hasta la posición del cliente final.
- Empresa de venta: aquella que recibe un pedido a entregar al cliente final.
- Gobierno: autoridad de la zona en la que tiene lugar la transacción.
- Conductores: encargados de llevar la carga desde el último almacén hasta el cliente final

*Tabla 1 - KPI logística de última milla*

Nombre	Stakeholder	Descripción
Tiempo de entrega promedio	Cliente final	Tiempo promedio entre la realización del pedido y su recepción
Tasa de entregas a tiempo	Cliente final	Porcentaje de entregas realizadas dentro del tiempo prometido
Índice de satisfacción del cliente	Cliente final	Nivel de satisfacción del cliente respecto a la entrega
Tasa de entregas fallidas	Cliente final	Porcentaje de intentos de entrega que no se completan en el primer intento
Costo por entrega	Empresa de transporte	Coste promedio asociado a la entrega de cada pedido
Tasa de utilización de vehículos	Empresa de transporte	Porcentaje de capacidad de los vehículos que se utiliza en promedio
Tasa de éxito de entrega en el primer intento	Empresa de transporte	Porcentaje de entregas completadas sin necesidad de un segundo intento
Índice de cumplimiento de rutas	Empresa de transporte	Porcentaje de rutas completadas según lo planificado
Cantidad de paquetes entregados	Empresa de transporte	Total de pedidos completados exitosamente.
Cantidad de repartidores	Empresa de transporte	Número de empleados dedicados a entregas
Distancia Promedio	Empresa de transporte	Kilómetros promedio recorridos por día
Distribución horaria de entregas	Empresa de transporte	Horarios de mayor y menor actividad logística
Gastos en sueldos	Empresa de transporte	Coste total de los salarios de repartidores

Gastos en energía	Empresa de transporte	Consumo energético relacionado con las operaciones logísticas
Gastos empresariales	Empresa de transporte	Total de costes operativos en logística de última milla
Tasa de devoluciones por problemas logísticos	Empresa de venta	Porcentaje de productos devueltos debido a problemas en la última milla
Coste logístico por pedido	Empresa de venta	Costo total de la logística de última milla por cada pedido procesado
Tiempo promedio de ciclo de pedido	Empresa de venta	Tiempo total desde que el cliente realiza el pedido hasta que lo recibe
Tasa de conversión afectada por la logística	Empresa de venta	Impacto de los tiempos y costos de entrega en las ventas
Índice de cumplimiento del SLA	Empresa de venta	Porcentaje de entregas realizadas dentro de los acuerdos de nivel de servicio establecidos
Emisiones de carbono por entrega	Gobierno	Cantidad promedio de CO <sub>2</sub> emitido por cada entrega
Congestión vehicular causada por la logística	Gobierno	Impacto de los vehículos de entrega en el tráfico local
Cumplimiento de normativas	Gobierno	Porcentaje de empresas que cumplen con las regulaciones locales de transporte y emisiones
Tasa de incidentes de seguridad	Gobierno	Número de incidentes relacionados con la logística en la última milla
Impacto en la infraestructura urbana	Gobierno	Nivel de desgaste o uso de infraestructuras como calles y carreteras debido a las operaciones logísticas
CO <sub>2</sub>	Gobierno	Kilos de CO <sub>2</sub> expulsados al la atmósfera
Tiempo promedio de entrega por pedido	Conductores	Tiempo promedio que toma completar cada entrega
Tasa de satisfacción del conductor	Conductores	Indicador de la percepción de los conductores respecto a sus condiciones laborales
Índice de asignación óptima de rutas	Conductores	Porcentaje de rutas asignadas que

		minimizan tiempos y distancias
Tasa de incidentes en ruta	Conductores	Número de incidentes reportados por los conductores durante las entregas
Ingreso por hora de trabajo	Conductores	Ganancia promedio obtenida por cada hora de trabajo
Distancia recorrida	Conductores	Km recorridos por un vehículo

Los KPI por su parte además de ser identificados, también requieren que se especifique una fórmula para su cálculo, cuya precisión depende principalmente de los datos que los stakeholders dispongan. Esto genera una necesidad de obtención de datos muy importante y que el valor de estos suba, lo que provoca que la mayoría de estos no sean públicos.

En este punto aparece el Business Intelligence (BI), que se define como un proceso de toma de decisiones basado en la integración y análisis de los recursos de datos de una organización. En la era de la Industria 4.0, donde los datos son considerados un activo económico clave, la BI se ha convertido en un desafío tecnológico y una prioridad de gestión. Su importancia radica en desarrollar análisis para la toma de decisiones mediante herramientas tecnológicas avanzadas, como la herramienta Power BI. En un entorno empresarial más dinámico, complejo y a gran escala, la BI permite procesar la información y tomar decisiones estratégicas, algo considerado muy beneficioso en el paradigma actual [10]. Dentro de todas las herramientas disponibles del mercado, en esta ocasión se utilizará la ya mencionada Power BI, debido a su interfaz accesible y sus elementos visuales más comprensivos.

## 3 Metodología

### 3.1 Obtención de datos

En este estudio, se han buscado bases de datos accesibles públicamente para realizar el análisis en cuestión. Pese a la presencia de una alternativa dada por Amazon, se ha al final la base de datos LaDe. Se trata de un recurso de datos de última milla basado en operaciones reales de logística proporcionado por Cainiao Network, una de las empresas que forman parte del conglomerado Alibaba Group. Sus principales características son:

- Fuentes de datos reales: Contiene datos operativos de 10.677 millones de paquetes entregados por 21.000 mensajeros en 5 ciudades chinas durante 6 meses.
- Cobertura amplia: Incluye información tanto de recogida como de entrega de paquetes en escenarios urbanos diversos.
- Datos detallados: Registra atributos como ID de paquete, coordenadas GPS, ventanas de tiempo, eventos de tareas (aceptación, recogida y entrega), y datos del mensajero.
- Diversidad: Captura patrones espaciotemporales de distintas ciudades, representando variaciones en población, geografía y operaciones logísticas. Las diferencias se muestran en Tabla 2.
- Formato accesible: Disponible en formato tabular (CSV) y orientado a tareas de minería de datos, optimización de rutas y predicción de tiempo de llegada.

La precisión de los datos geoespaciales ha sido limitada a 10 metros para proteger la privacidad, pero los datos son reales. [11] En ellos encontramos dos subgrupos de datos, LaDe-P y LaDe-D, siendo datos de recogida y de entrega de paquetes respectivamente. Los datos de recogida de paquetes provienen de una función que presenta la empresa de recogida de paquetes directamente al consumidor, algo comparable a las opciones que presenta la empresa Glovo en España. Se tratan de unos datos interesantes de analizar, pero se ha escogido únicamente la parte de entrega de paquetes, LaDe-D.

Una vez recogidos los datos, es necesario realizar un proceso de limpieza de los mismos, ya que la BI requiere que los datos estén organizados y con los cálculos hechos antes de ser mostrados. Este proceso se hace para aligerar la carga de programas como Power BI, ya que es preferible que estos se centren en la generación de gráficas y así reducir el número de cálculos a tiempo real. Originalmente los cálculos presentaban la estructura que se presenta en la Figura 1, adaptada de [11], los datos ya presentaban una estructura organizada, pero para poder realizar los cálculos de los KPI necesarios se han procesado.

*Tabla 2 - Características de las ciudades*

Ciudad	Descripción
Shanghai	Una de las ciudades más prósperas de China. Con un gran número de pedidos por día.
Hangzhou	Una gran ciudad con un comercio electrónico en línea bien desarrollado y un gran número de pedidos por día.

Chongqing	Una gran ciudad con condiciones de carreteras complicadas y un gran número de pedidos.
Jilin	Una ciudad mediana en China, con un pequeño número de pedidos cada día.
Yantai	Una pequeña ciudad en China, con un pequeño número de pedidos cada día.

Data field	Description	Unit/format
Package information		
package_id	Unique identifier of each package	Id
Stop information		
lng/lat	Coordinates of each stop	Float
city	City	String
region_id	Id of the region	Id
aoi_id	Id of the AOI	Id
aoi_type	Type of the AOI	Categorical
Courier Information		
courier_id	Id of the courier	Id
Task-event Information		
accept_time	The time when the courier accept the task	Time
accept_gps_time	The time of the GPS point whose time is the closest to accept time	Time
accept_gps_lng/accept_gps_lat	Coordinates when the courier accept the task	Float
delivery_time	The time when courier finishes delivering the task	Time
delivery_gps_time	The time of the GPS point whose time is the closest to the got time	Time
delivery_gps_lng/delivery_gps_lat	Coordinates when the courier finish the task	Float
Context information		
ds	the date of the package delivery	Date

*Ilustración 1 - Estructura de datos de LaDe-D. Adaptado de 11*

Para procesar los datos se han hecho uso de una serie de herramientas, cada una con un propósito distinto.

### 3.1.1 OpenRouteService

Una librería pública de Python que permite realizar cálculos relacionados con mapas. En esta ocasión, se ha utilizado para calcular las rutas que realizó cada día repartidor y así obtener las distancias recorridas. Para poder ejecutar los cálculos, se eligió la opción de correr de forma local un contenedor de Docker al que poder realizar las consultas.

La base de datos consta de varios archivos organizados en las siguientes carpetas:

- /data/raw/delivery: Conteniendo los archivos en formato csv correspondientes a los datos de entregas.
- /data/raw/pickup: Conteniendo los archivos en formato csv correspondientes a los datos de recogidas.

Cada una de ellas consta de 5 archivos con datos de cada una de las ciudades en las que se recogieron datos. En concreto, los datos que se utilizaron fueron los encontrados en la carpeta delivery, en concreto:

- delivery-cq.csv: Con los datos recopilados en la ciudad Chongqing.
- delivery-jl.csv: Con los datos recopilados en la ciudad Jilin.
- delivery-hz.csv: Con los datos recopilados en la ciudad Hangzhou.
- delivery-sh.csv: Con los datos recopilados en la ciudad Shanghai.
- delivery-yt.csv: Con los datos recopilados en la ciudad Yantai.

Con cada uno de los archivos, se corrió una rutina llamada main.py que seguía los siguientes pasos:

- Separa las ubicaciones geográficas (su latitud y su longitud) según el repartidor que los entregó, el momento en el que recogió el paquete del almacén y el momento en el que el paquete llegó a su destino.
- Se crea una lista de latitudes y longitudes correspondientes a cada día de cada repartidor.
- Se envía cada lista al servidor que estaba corriendo en Docker para realizar un cálculo de rutas según los puntos por los que había pasado y calcular así la distancia que recorrió.
- Se unen todos los datos en una tabla llamada resultados\_couriers\_ciudad.csv (sustituyendo ciudad por dos letras identificativas de cada ciudad) incluyendo el identificador del repartidor, del día y del recorrido realizado.

### 3.1.2 Pandas

Una librería pública de Python que permite realizar cambios y cálculos con mucha facilidad. Con ella se han modificado las tablas originales relacionadas únicamente con Shanghái y creado nuevas para mostrar de forma más eficiente los datos. Siendo más preciso, se han realizado los siguientes cambios:

- Se modifican todos los archivos .csv para que cambien sus limitadores de “,” a “;” para permitir a Power BI leer los números con comas.
- Se crea la tabla delivery\_sh\_actualizado.csv que añade columnas nuevas a su versión anterior como la hora de entrega o un timestamp, para poder visualizar mejor los datos. Además, se creó un archivo delivery.csv por cada una de las ciudades con la información de la distancia recorrida para enriquecer los datos.
- Se crea la tabla métricas\_courier.csv que guarda la información de los repartidores, incluyendo los paquetes promedio que entrega cada día, los paquetes consecutivos que entrega antes de recoger uno nuevo, el id del vehículo asignado de forma aleatoria, los días que ha trabajado, el sueldo diario y el sueldo que ha computado.
- Se crea una tabla llamada tabla\_resultados.csv que relaciona cada paquete con el recorrido, la latitud, la longitud y el momento en el que o ha sido recogido o entregado.
- Se crea una tabla llamada vehículos.csv que relaciona el id de cada vehículo con sus características, que son el factor de consumo, el precio de cada consumo y el tipo de vehículo.

Los datos se han estructurado en forma de estrella, en la que existe una tabla central llena de identificadores rodeada por otras que dan información sobre dichos identificadores. El ejemplo más sencillo es el de los vehículos, caso en el

que a los repartidores se les asigna un vehículo con un id en vez de toda la información del mismo, que se encuentra en la tabla vehículo. Esta estructura es la más utilizada en el BI, ya que reduce la dificultad de los cálculos y permite que se puedan realizar de forma más eficiente. [12]

Para asignar el vehículo a cada uno de los repartidores, se han consultado diferentes informes sobre el estado de la distribución de vehículos eléctricos, híbridos y de gasolina [13] y se han asignado de forma aleatoria. En el caso del tipo de vehículo, se han asignado moto, coche o furgoneta según el número de paquetes que han distribuido antes de recoger un paquete más.

Para asignar el salario a cada repartidor, se han consultado el Convenio General del Sector del Transporte por Carretera [14] y se le ha asignado una variable aleatoria para tener unos datos más diversos y realistas.

### **3.1.3 DAX de Power BI**

Dentro de la propia herramienta existe un lenguaje para realizar cálculos, aunque dependiendo de la magnitud y dificultad de los cálculos es recomendable utilizar herramientas externas. Debido a la estructura del lenguaje, su uso se ha visto limitado a cálculos sencillos de medidas que se muestran en las páginas de Power BI. Una lista de las medidas que se han calculado:

- Cantidad de paquetes entregados en todas las ciudades.
- Cantidad de paquetes entregados por ciudad.
- Cantidad de repartidores en todas las ciudades.
- Cantidad de repartidores por ciudad.
- Kilos CO2 emitidos según el vehículo.
- Kilos CO2 emitidos en total.
- Sueldo total.
- Distancia recorrida.
- Distancia promedio.
- Gasto en energía según el tipo de vehículo.
- Gasto en energía en total.
- Número de ciudades.
- Población de cada ciudad.

Todos estos cálculos se han hecho haciendo referencias directas a las tablas ya añadidas anteriormente, permitiendo realizar un filtrado de los datos a tiempo real en las gráficas de las páginas.

### **3.1.4 Visualización de rutas con Folium**

Una vez realizado el cálculo de rutas utilizando OpenRouteService, se empleó la librería Folium de Python para la visualización de las mismas en mapas interactivos. Esta herramienta permitió enriquecer el análisis geoespacial al proporcionar una representación visual clara y dinámica de las rutas de entrega y recogida. Estos mapas deberían ser los presentados en los dashboards, pero el peso de estos era tan grande que el programa no es capaz de moverlo.

Para los datos de tres repartidores aleatorios de la ciudad de Shanghai, se creó un mapa para la representación de las rutas realizadas cada día que realizó la entrega de paquetes. El mapa base fue configurado para reflejar las

características geográficas de cada ciudad, asegurando que se observase fácilmente la organización de la zona.

Las rutas de entrega y recogida se representaron como líneas superpuestas en el mapa, utilizando colores azules y morados para diferenciarlas visualmente. Gracias a ello, la unidad visual se hacía más presente con el resto del trabajo.

Para complementar la visualización de las rutas, se añadieron marcadores en los puntos de recogida y entrega. Ofrecen un contexto adicional al mapa, destacando ubicaciones estratégicas como almacenes.

Los mapas generados fueron exportados en un formato interactivo (html) que permite visualizarlos en cualquier dispositivo. Esto facilitó su utilización como herramienta de análisis visual, accesible tanto para los analistas como para otros stakeholders del proyecto.

La elección de folium frente a otras opciones estaba fundada por los siguientes beneficios:

- Facilitación del análisis visual: Los mapas interactivos ofrecieron una perspectiva clara y comprensible de las rutas, lo que ayudó a identificar patrones y oportunidades de mejora en la logística de última milla.
- Incorporación de capas: La división de información por capas permite mostrar las diferentes rutas que sigue el repartidor en orden cronológico, lo que permite un análisis más minucioso e interactivo.
- Integración en el flujo de trabajo: Al exportar los mapas en un formato interactivo, estos pudieron ser utilizados como complemento en el análisis y la toma de decisiones, integrándose perfectamente en las herramientas de Business Intelligence empleadas en el proyecto.

### **3.2 Diseño del cuadro de mando**

El cuadro de mando consta de 4 páginas, cada una orientada a la observación de los datos desde un punto de vista distinto:

- Información global o Pág.1: En él se muestran una serie de gráficas y mapas con información de las 5 ciudades, desde sus diferencias de población, el número de paquetes enviados y los repartidores totales. Existe como una vista general de la situación de la empresa, además de permitir comparar las diferentes ciudades.
- Información local o Pág.2: En él se muestra la información de una de las ciudades, entre otros datos, el de los paquetes repartidos, repartidores diferentes, distancia promedio, un mapa con las rutas que siguen en la ciudad los repartidores, dónde se encuentran los almacenes en la ciudad, la distribución horaria de los paquetes entregados y la relación entre la distancia recorrida y los paquetes por mes. Permite ver información sobre el estado de la ciudad de Shanghai, como qué rutas sigue cada repartidor, a qué horas se reparten más paquetes, etc.
- Datos económicos o Pág.3: En él se muestran una serie de diagramas de queso en el que se muestran comparaciones de los gastos de la empresa, desde energéticos hasta laborales.
- Datos medioambientales o Pág.4: En él se muestran en una serie de gráficos la contaminación de la empresa, así como el objetivo que deberían alcanzar para los siguientes años.

Al tener un espacio limitado, es importante separar las muestras de los datos según una clasificación clara. En este caso se ha tomado la decisión de separarlos según el contexto que querría ver un cuadro de mando de una empresa.

### 3.3 Selección KPI

Como hemos visto en la Tabla I, existen un gran número de KPI que se pueden mostrar para apoyar a la toma de decisiones, cuya clasificación depende directamente de los stakeholders que utilicen la información. En este estudio, se han calculado una serie de KPI limitados por los datos obtenibles de forma pública. Sin embargo, para poder ampliar la muestra, se han creado sintéticamente una serie de datos para enriquecer la demostración, siempre basándose en datos estadísticos reales de España. En la Tabla III se muestran los que se han calculado, añadiendo la fórmula para calcularlos.

Tabla III - KPI del estudio

Nombre	Cálculo	Cuadro de mando	Gráfico de Power BI	Filtrado
Cantidad de paquetes entregados	$\sum Paquetes\ entregados$	Pág 1, 2 y 3	Tarjeta, Gráfico circular, mapa	Total, por ciudad, por repartidor, por mes
Cantidad de repartidores	$\sum Repartidores$	Pág 1 y 2	Tarjeta, Gráfico circular	Total, por ciudad, por mes
Distancia Promedio	$\frac{Distancia\ recorrida}{Día}$	Pág 2	Tarjeta	Total, por repartidor, por mes
Distancia recorrida	$\sum Distancia\ recorrida$	Pág 1 y 2	Tarjeta y Treemap	Total, por ciudad, por repartidor, por mes
Distribución horaria de entregas	$\sum \frac{Paquetes\ entregados}{Hora}$	Pág 2	Gráfico de zonas	Total, por repartidor, por mes
Gastos en sueldos	$\sum \frac{Sueldo}{Día} * Días\ trabajados$	Pág 3	Gráfico circular	Total, por repartidor, por vehículo, por combustible
Gastos en energía	$\sum Consumo\ energético * Distancia\ recorrida * Coste\ energía$	Pág 3	Gráfico circular	Total, por repartidor, por vehículo, por combustible, por paquete

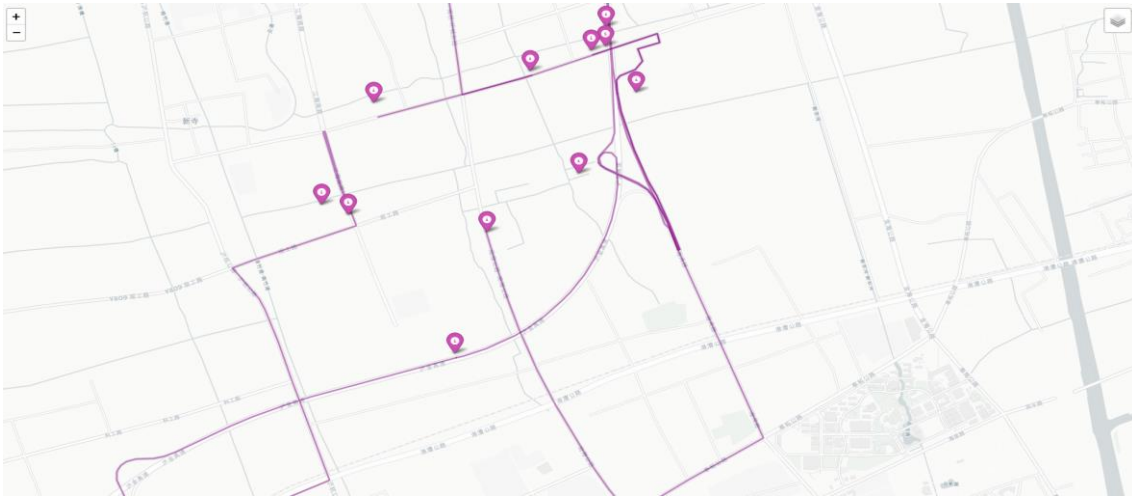
Gastos empresariales	<i>Gastos en sueldos</i> + <i>Gastos en energía</i>	Pág 3	Gráfico circular	Total, por repartidor, por vehículo, por combustible, por paquete
CO2	$\sum$ <i>Consumo energético</i> * <i>Distancia recorrida</i> * <i>kilogramos de CO<sub>2</sub></i>	Pág 4	Tarjeta y	Total, por combustible, por vehículo, por repartidor, por paquete

Estos indicadores clave de rendimiento (KPI) han sido cuidadosamente seleccionados porque son calculables tanto a partir de los datos reales proporcionados por la base de datos como de aquellos generados mediante simulaciones o procesos internos. Su diseño permite ofrecer una visión clara y comprensible del estado actual de la empresa, facilitando un análisis rápido y eficaz a través de paneles visuales intuitivos. Gracias a esta información consolidada, los responsables pueden identificar tendencias, evaluar el rendimiento operativo y tomar decisiones estratégicas con mayor precisión y confianza, optimizando así los procesos y alineándolos con los objetivos empresariales.

## 4 Resultados

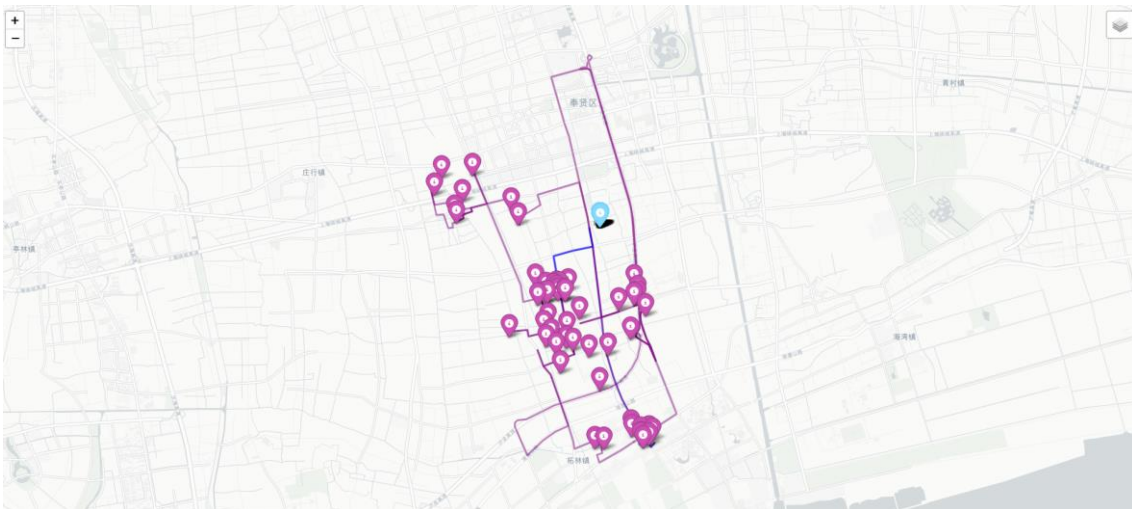
El manejo de los datos y la posterior presentación de los mismos, han permitido la creación de unos mapas interactivos y unos dashboards con los que visualizar datos y filtrarlos a tiempo real.

### 4.1 Mapas Interactivos



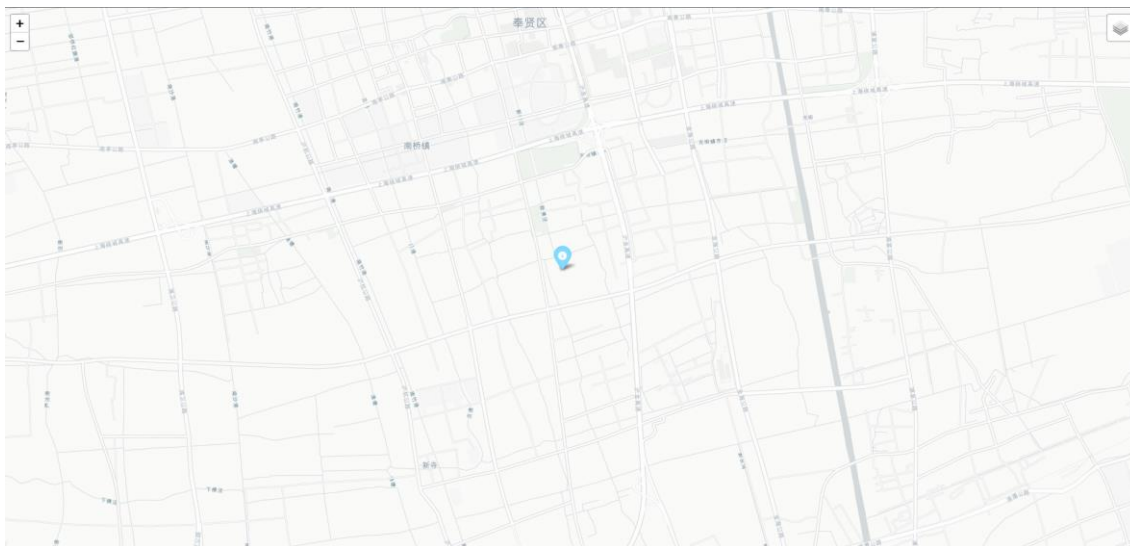
*Ilustración 2 - Mapa interactivo*

En el presente análisis, se utilizaron mapas interactivos como el que se muestra en la Ilustración 2 generados con la librería Folium para representar los resultados del cálculo de rutas realizados con OpenRouteMap. Esta herramienta permite visualizar diferentes escenarios logísticos, destacando tanto las ubicaciones visitadas como las rutas optimizadas, dependiendo de los requerimientos del análisis.



*Ilustración 3 - Mapa interactivo, día completo*

En la, se muestra el recorrido completo calculado para visitar todas las ubicaciones de un día de un repartidor. En este mapa, las rutas optimizadas son representadas mediante líneas conectando cada punto según el orden determinado por el algoritmo de OpenRouteMap. Esto permite visualizar claramente el trayecto completo y evaluar la eficiencia de la solución propuesta.



*Ilustración 4 - Mapa interactivo, inicio*

En la Ilustración 4, se presenta únicamente el inicio de la ruta que va a seguir el repartidor con un marcador azul. Utilizando el botón que aparece arriba a la izquierda se pueden seleccionando recorridos que realiza el repartidor a lo largo de la ruta según el orden que desee el usuario que utilice la herramienta.

La interacción con este mapa permite:

- Ver los puntos en detalle mediante herramientas de zoom.
- Observar el orden de las visitas y las conexiones entre ellas.
- Identificar posibles trayectorias redundantes.

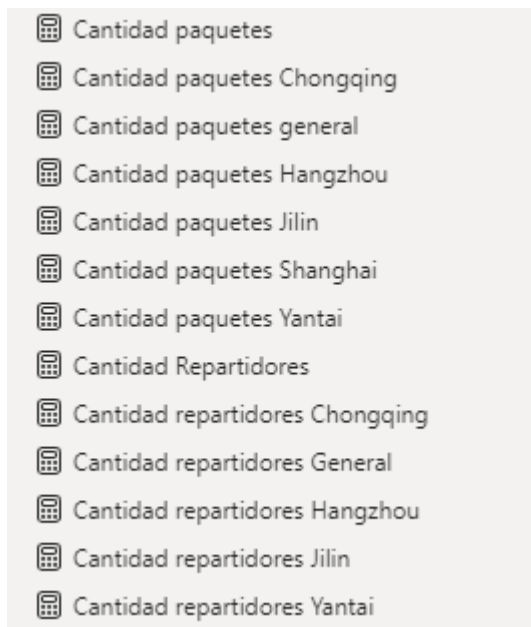
La comparación entre los mapas disponibles permite comprender cómo evolucionan los resultados desde una representación básica de las ubicaciones hasta una visualización detallada de las rutas optimizadas.

## **4.2 Presentación del Dashboard**

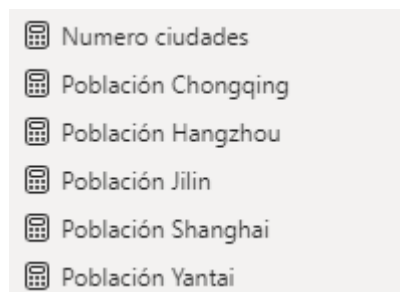
Como ya se presentó anteriormente, el dashboard consta de 4 páginas separadas según la visión que presentan.

### 4.2.1 Información global

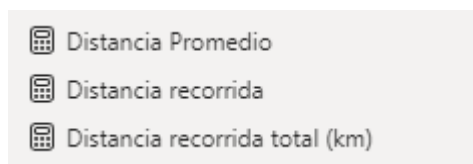
En esta primera página se muestra la situación actual de la empresa de un único vistazo. Los datos utilizados para realizar los cálculos en este dashboard se muestran en las ilustraciones Ilustración 5, Ilustración 6 e Ilustración 7.



*Ilustración 5 - Medidas página 1 (1/3)*



*Ilustración 6 - Medidas página 1 (2/3)*



*Ilustración 7 - Medidas página 1 (3/3)*

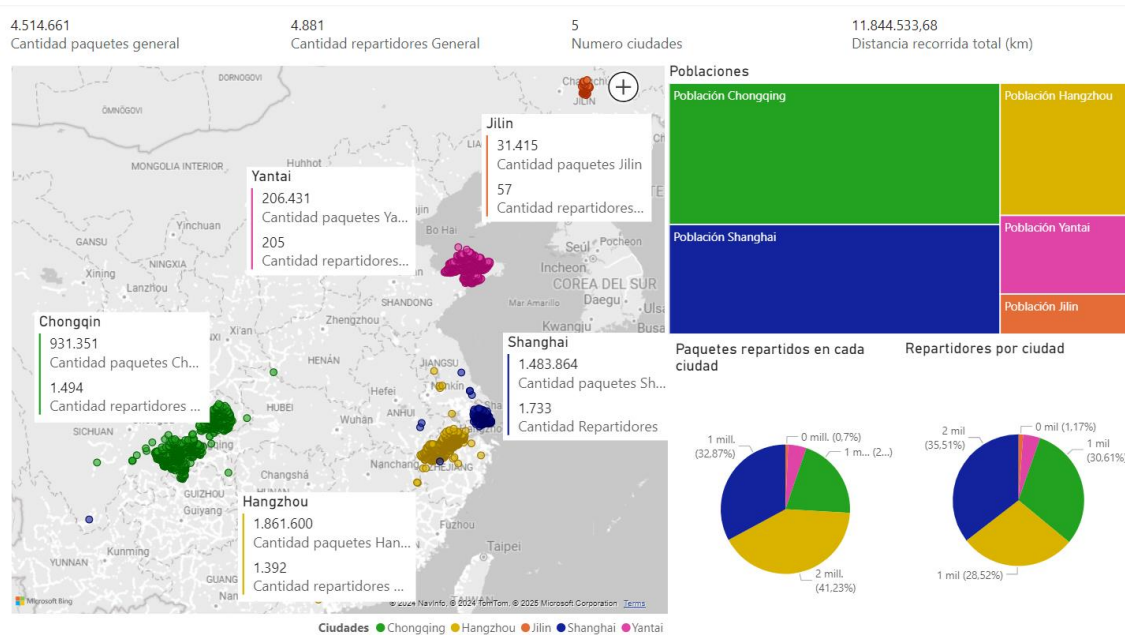


Ilustración 8 - Dashboard "Información global"

En el dashboard visualiza datos relacionados con la logística de última milla en cinco ciudades de China. Los elementos clave que se presentan son los siguientes:

- **KPI principales (parte superior del dashboard):**
  - o Cantidad de paquetes general: Total de paquetes entregados entre todas las ciudades (4.514.661).
  - o Cantidad de repartidores general: Número total de repartidores involucrados en el estudio (4.881).
  - o Número de ciudades: Cantidad de ciudades consideradas en el análisis (5).
  - o Distancia recorrida total: Distancia total recorrida por los repartidores en kilómetros (11.844.533,68 km).
- **Mapa interactivo:**
  - o Ciudades destacadas: Muestra las ubicaciones de las ciudades analizadas (Chongqing, Hangzhou, Jilin, Shanghai y Yantai) con marcadores de colores diferentes. Cada uno de los puntos representa un paquete que se ha entregado en esa ciudad.
- **Datos específicos por ciudad: Al lado de cada marcador, se muestra:**
  - o Cantidad de paquetes entregados en la ciudad.
  - o Cantidad de repartidores en la ciudad.
- **Visualizaciones adicionales (parte derecha):**
  - o Treemap de poblaciones por ciudad:
    - Representa gráficamente la población de cada ciudad en un formato de árbol jerárquico, asignando diferentes colores a cada ciudad.
  - o Gráficos circulares:
    - Paquetes repartidos en cada ciudad: Porcentaje de paquetes entregados en cada una de las cinco ciudades.
    - Repartidores por ciudad: Distribución porcentual del número de repartidores asignados a cada ciudad.

Este dashboard combina datos geospaciales y métricas clave para ofrecer una visión clara y comprensible del desempeño logístico en las ciudades analizadas. La coloración se mantiene constante entre las distintas gráficas para ayudar al usuario a no perderse con la información. Estos diagramas no están preparados para mostrar información filtrada a tiempo real.

#### 4.2.2 Información local

En la segunda página se muestra un ejemplo de la información local de una de las ciudades. En este caso se ha seleccionado Shanghai, aunque se podrían utilizar los datos de cualquiera de las otras ciudades. Los datos utilizados para realizar los cálculos en este dashboard se muestran en las ilustraciones Ilustración 5, Ilustración 7, Ilustración 9, Ilustración 10 e Ilustración 11.

courier_id	ds	id_recorrido	distancia	num_paquetes	Fecha_Format
2512	618	2512_0618	53.3767	0	18/06/2023
831	618	831_0618	40.4558	0	18/06/2023
3337	618	3337_0618	53.1062	0	18/06/2023
4551	618	4551_0618	60.7959	0	18/06/2023
3279	618	3279_0618	50.7335	0	18/06/2023
669	618	669_0618	45.7796	0	18/06/2023
1463	618	1463_0618	40.9599	0	18/06/2023
2560	618	2560_0618	44.6562	0	18/06/2023
4657	618	4657_0618	59.457	0	18/06/2023
2259	618	2259_0618	57.0143	0	18/06/2023
432	618	432_0618	15.801	0	18/06/2023
4874	618	4874_0618	40.3579	0	18/06/2023
2479	618	2479_0618	15.8773	0	18/06/2023
2570	618	2570_0618	0.1338	0	18/06/2023
3702	618	3702_0618	3.9637	0	18/06/2023
1023	618	1023_0618	28.2409	0	18/06/2023
3976	618	3976_0618	71.9329	0	18/06/2023
2554	618	2554_0618	24.3558	0	18/06/2023
3691	618	3691_0618	11.9101	0	18/06/2023
2621	618	2621_0618	17.6041	0	18/06/2023

Ilustración 9 - Tabla página 2 (1/3)

order_id	region_id	city	lng	lat	aoi_id	aoi_type	accept_time	accept_gps_lng	accept_gps_lat	delivery_time	delivery_gps_lng	delivery_gps_lat	id_recorrido	timestamp	HoraEntrega
1405727	42	Shanghai	121.51511	31.2108	1094	1	24/09/2023 15:58:00	121.5307	31.1878	24/09/2023 16:42:00	121.51516	31.21113	2066_0924	433267080	16:42
1155427	42	Shanghai	121.52558	31.17262	3563	1	15/07/2023 17:56:00	121.5307	31.1878	15/07/2023 18:50:00	121.52591	31.17343	1519_0715	427139760	18:50
1493275	42	Shanghai	121.5258	31.1722	3563	1	17/08/2023 16:07:00	121.5307	31.1878	17/08/2023 17:52:00	121.52588	31.17256	3622_0817	429984420	17:52
2064895	42	Shanghai	121.52588	31.17218	3563	1	10/08/2023 16:56:00	121.5307	31.1878	10/08/2023 18:34:00	121.52564	31.17259	3769_0810	429382560	18:34
4275037	42	Shanghai	121.53868	31.18567	5088	1	10/06/2023 14:41:00	121.5307	31.1878	10/06/2023 16:48:00	121.53712	31.18503	1953_0610	424104060	16:48
3892476	42	Shanghai	121.53863	31.18424	5088	1	12/10/2023 13:21:00	121.5307	31.1878	12/10/2023 14:03:00	121.53911	31.18524	1953_1012	434812860	14:03
4331288	42	Shanghai	121.53788	31.18555	5088	1	24/10/2023 8:57:00	121.5307	31.1878	24/10/2023 9:57:00	121.53857	31.1851	1953_1024	435833820	9:57
978217	42	Shanghai	121.53879	31.18554	5088	1	05/09/2023 15:19:00	121.5307	31.1878	05/09/2023 15:28:00	121.53875	31.18556	1953_0905	431623140	15:28
1318402	42	Shanghai	121.53894	31.18647	5088	1	20/10/2023 15:48:00	121.5307	31.1878	20/10/2023 16:36:00	121.53905	31.18609	1953_1020	435512880	16:36
3184276	42	Shanghai	121.53913	31.1862	5088	1	09/06/2023 14:57:00	121.5307	31.1878	09/06/2023 15:21:00	121.53905	31.18611	1953_0609	424018620	15:21
1703019	42	Shanghai	121.53771	31.18514	5088	1	30/06/2023 16:11:00	121.5307	31.1878	30/06/2023 17:08:00	121.53748	31.18491	1953_0630	425837460	17:08
52397	42	Shanghai	121.53777	31.18551	5088	1	15/10/2023 14:15:00	121.5307	31.1878	15/10/2023 14:58:00	121.53735	31.18554	1953_1015	435075300	14:58
2903777	42	Shanghai	121.54007	31.18472	5088	1	28/08/2023 13:34:00	121.5307	31.1878	28/08/2023 14:17:00	121.53835	31.18682	1953_0828	430925640	14:17
784052	42	Shanghai	121.53884	31.18648	5088	1	08/10/2023 11:48:00	121.5307	31.1878	08/10/2023 11:58:00	121.53956	31.18623	1953_1008	434461680	11:58
661522	42	Shanghai	121.53896	31.18643	5088	1	27/08/2023 12:20:00	121.5307	31.1878	27/08/2023 13:24:00	121.5397	31.18682	1953_0827	430834800	13:24
2574982	42	Shanghai	121.5394	31.18504	5088	1	20/06/2023 18:19:00	121.5307	31.1878	20/06/2023 19:08:00	121.53926	31.18531	1953_0620	424981140	19:08
745091	42	Shanghai	121.53827	31.18517	5088	1	11/10/2023 8:34:00	121.5307	31.1878	11/10/2023 10:11:00	121.53825	31.18508	3622_1011	434709240	10:11

Ilustración 10 - Tabla página 2 (2/3)

id_recorrido	order_id	lng	lat	parada	timestamp
2512_911	317460	121.5296	31.0234	accept	432123360
2512_911	1903035	121.5296	31.0234	accept	432123000
2512_715	304848	121.5296	31.0234	accept	427132920
2512_702	1046346	121.5296	31.0234	accept	425987040
2512_918	31696	121.5296	31.0234	accept	432721440
2512_701	1395251	121.5296	31.0234	accept	425899440
2512_705	105655	121.5296	31.0234	accept	426243780
2512_713	2946884	121.5296	31.0234	accept	426939600
2512_731	2795139	121.5296	31.0234	accept	428489340
2512_711	1782675	121.5296	31.0234	accept	426768720
2512_1004	88964	121.5296	31.0234	accept	434110980
2512_1004	4321710	121.5296	31.0234	accept	434111040
2512_712	2345342	121.5296	31.0234	accept	426870360
2512_906	3284811	121.5296	31.0234	accept	431686860
2512_815	2345727	121.5296	31.0234	accept	429809520
2512_831	2050901	121.5296	31.0234	accept	431172900
2512_930	324125	121.5296	31.0234	accept	433784820
2512_905	4122725	121.5296	31.0234	accept	431605380
2512_905	3768685	121.5296	31.0234	accept	431603880
2512_614	3117654	121.5296	31.0234	accept	424449780
2512_614	856262	121.5296	31.0234	accept	424435620

Ilustración 11 - Tabla página 2 (3/3)



Ilustración 12 - Dashboard "Información local"

A continuación, se describen sus elementos principales observables en la Ilustración 12:

- **Indicadores principales (parte superior):**
  - Tarjeta de cantidad de repartidores: Total de repartidores involucrados (1.733).
  - Tarjeta de cantidad de paquetes: Total de paquetes gestionados (1 millón).
  - Tarjeta de distancia promedio: Distancia promedio recorrida por los repartidores (48,34 km).
  - Tarjeta de kilómetros por paquete: Distancia promedio recorrida por paquete entregado (2,29 km).

- **Visualizaciones principales:**
  - Mapa de rutas (parte superior derecha):
    - Representa las rutas recorridas por los repartidores mediante líneas que conectan puntos de recogida y entrega.
    - Ofrece una visión clara de la densidad y distribución geográfica de las operaciones logísticas. En morado se muestran las entregas que ha realizado el repartidor y en azul celeste las recogidas de paquetes.
  - Mapa de entregas (parte inferior derecha):
    - Muestra la ubicación de los almacenes que se encuentran en la ciudad.
    - El filtro que permite cambiar entre accept y delivery permite cambiar el mapa de mostrar los almacenes a mostrar un mapa de calor de las zonas en las que se han entregado paquetes.
  - Distancia recorrida total (treemap, parte izquierda):
    - Un gráfico de cuadrícula que ilustra las distancias recorridas acumuladas. Cada cuadrado representa un repartidor y el tamaño depende de la distancia recorrida.
    - Permite observar la contribución de diferentes días o repartidores al total a través del filtrado, más sobre ello más adelante.
  - Distancia recorrida y cantidad de paquetes por mes (gráfico de barras):
    - Muestra la evolución mensual tanto de la distancia recorrida como del número de paquetes gestionados.
    - Las barras amarillas representan la cantidad de paquetes, mientras que las naranjas indican la distancia.
  - Distribución horaria (gráfico de área, parte central):
    - Visualiza el volumen de entregas a lo largo del día.
- **Colores y segmentación:**
  - Los colores diferencian claramente los datos, usando una paleta de azules y morados como aparecía Shanghai en la página anterior, con la idea de repetir con el resto de ciudades.
  - Facilita la comparación entre meses, horas y ubicaciones.

Este dashboard permite identificar patrones clave en las operaciones logísticas, como las horas de mayor actividad, la distribución espacial de las entregas y la evolución de los indicadores mensuales. Adicionalmente, existe una relación entre las gráficas que permite seleccionar directamente sobre ellas información y que a tiempo real se actualicen.

Para ello, el treemap de la distancia recorrida total, la gráfica de columnas de la distancia recorrida y cantidad de paquetes por mes y la gráfica de zonas de distribución horaria están relacionadas entre sí y con el resto de elementos del dashboard como un filtro (a excepción de la gráfica horaria y el treemap, que en vez de filtrar los datos se resaltan). A continuación, se muestran ejemplos de cada una de las opciones de filtrado.

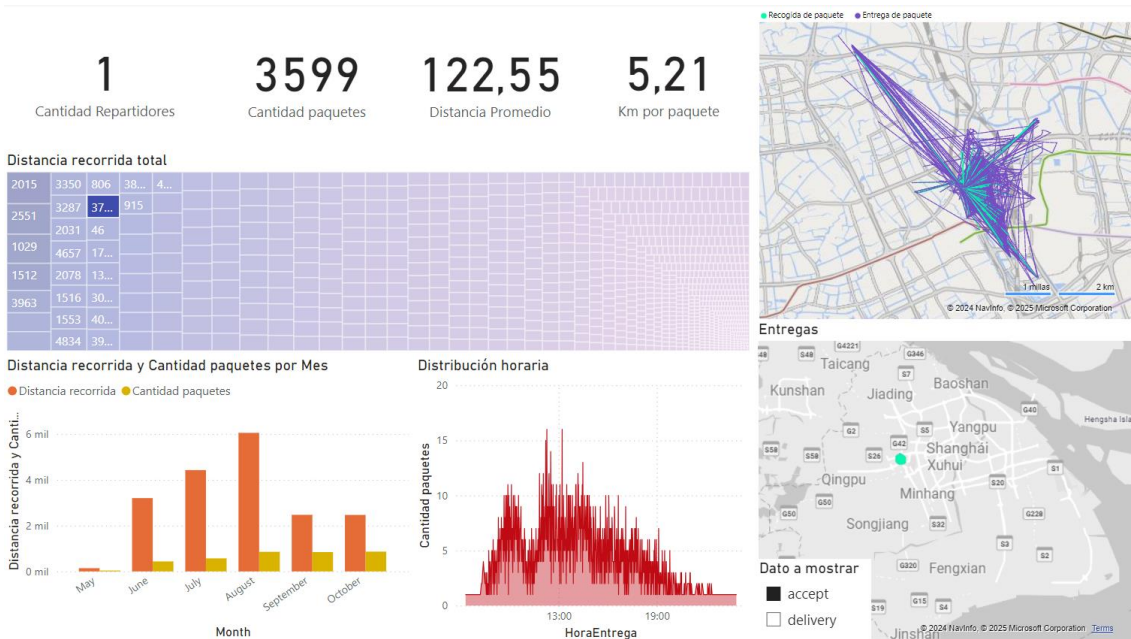


Ilustración 13 - Dashboard "Información local", seleccionando un repartidor

En la Ilustración 13, se ha seleccionado un repartidor del treemap, actualizándose la información mostrada en el resto de las gráficas con únicamente la información de dicho repartidor.

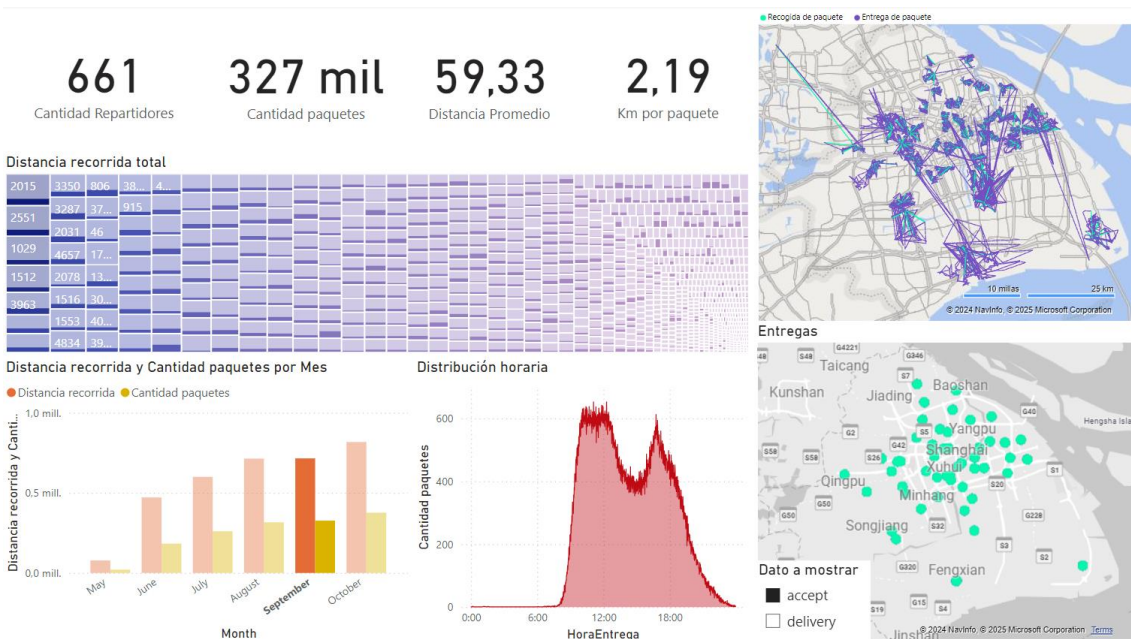


Ilustración 14 - Dashboard "Información local", seleccionando un mes

En

la

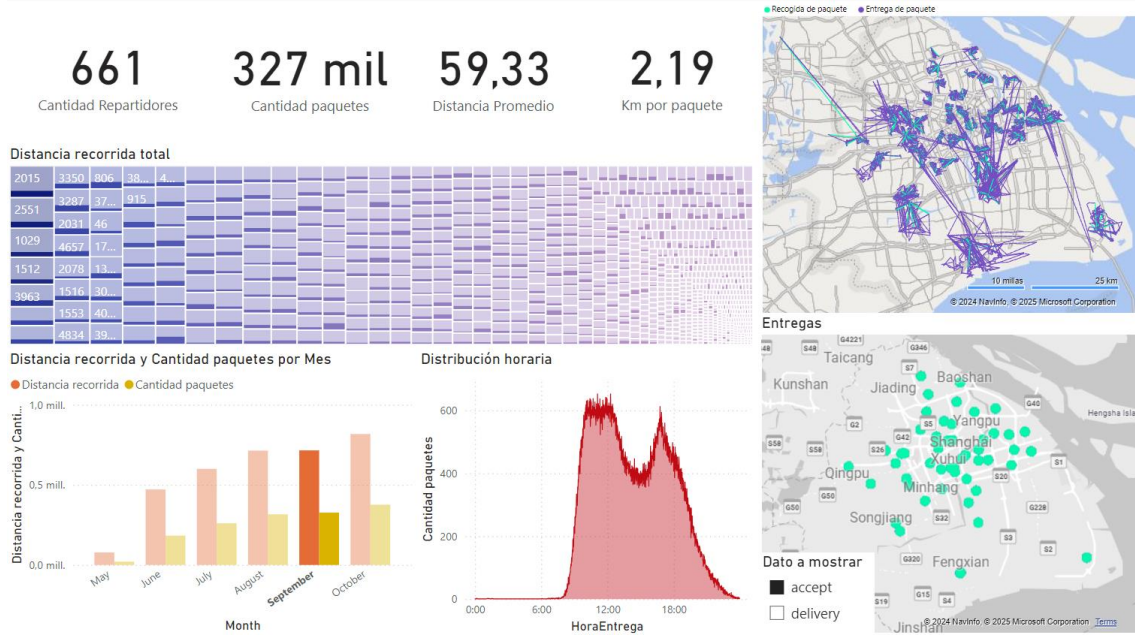


Ilustración 14, se ha seleccionado un mes (septiembre), filtrándose en todas las gráficas la información para que muestre solo la información recogida en el mes seleccionado, salvo en el treemap de Distancia recorrida total, en el que solo se destaca la información.

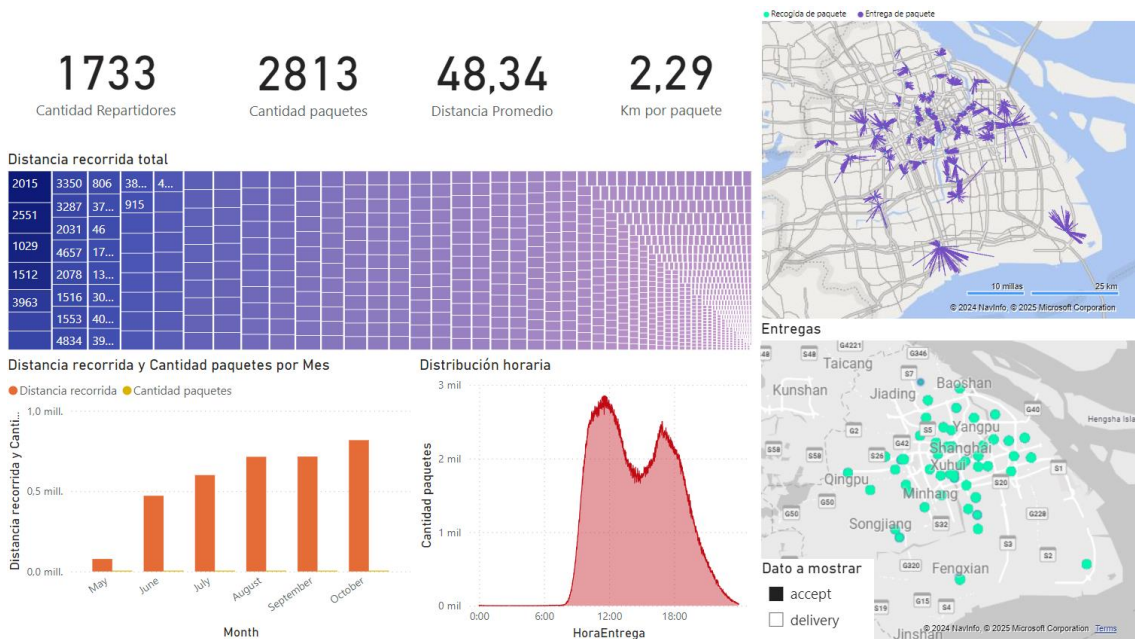


Ilustración 15 - Dashboard "Información local", seleccionando una hora

En

la



Ilustración 15, se ha seleccionado una hora (11:42), filtrándose en todas las gráficas la información para que se muestre únicamente la información que corresponde a los paquetes repartidos a esa hora.

### 4.2.3 Datos económicos

En la tercera página se describen datos económicos relacionados con los datos obtenidos. Los datos utilizados para realizar los cálculos en este dashboard se muestran en las ilustraciones Ilustración 5, Ilustración 6, Ilustración 7, Ilustración 16 e Ilustración 17.

vehículo	Tipo de vehículo	factor_consumo	precio	Nombre de vehículo
1	Eléctrico	5.1	0.3	Moto Eléctrica
2	Eléctrico	16.2	0.3	Coche Eléctrico
3	Eléctrico	22.1	0.3	Furgoneta Eléctrica
4	Híbrido	3.2	1.511	Moto Híbrida
5	Híbrido	5	1.511	Coche Híbrido
6	Híbrido	6.66	1.511	Furgoneta Híbrida
7	Gasolina	4.3	1.511	Moto Gasolina
8	Gasolina	7.2	1.511	Coche Gasolina
9	Gasolina	10.1	1.511	Furgoneta Gasolina

Ilustración 16 - Tabla página 3 (1/2)

courier_id	paquetes_promedio_dia	promedio_delivery_antes_accept	vehiculo	tipo_de_vehiculo	sueldo_diario	dias_trabajados	Sueldo	ruedas
1071	1	0	7	Gasolina	74.34	1	74.34	Moto
1189	1	0	7	Gasolina	75.11	1	75.11	Moto
1493	1	0	7	Gasolina	72.86	1	72.86	Moto
1648	1	0	7	Gasolina	78.25	2	156.5	Moto
1671	1	0	7	Gasolina	74.99	1	74.99	Moto
1748	1	0	7	Gasolina	71.54	1	71.54	Moto
1889	1	0	7	Gasolina	77.22	4	308.88	Moto
1904	1	0	7	Gasolina	72	2	144	Moto
2018	1	0	7	Gasolina	72.58	1	72.58	Moto
2024	1	0	7	Gasolina	78.31	4	313.24	Moto
214	1	0	7	Gasolina	72.34	2	144.68	Moto
2157	1	0	7	Gasolina	73.05	9	657.45	Moto
2315	1	0	7	Gasolina	79.52	2	159.04	Moto
2391	1	0	7	Gasolina	76.55	1	76.55	Moto
244	1	0	7	Gasolina	78.3	1	78.3	Moto
2442	1	0	7	Gasolina	74.94	2	149.88	Moto
2514	1	0	7	Gasolina	77.89	2	155.78	Moto
253	1	0	7	Gasolina	78.02	1	78.02	Moto
2645	1	0	7	Gasolina	78.41	1	78.41	Moto
2681	1	0	7	Gasolina	71.06	1	71.06	Moto
2751	1	0	7	Gasolina	72.24	1	72.24	Moto

Ilustración 17 - Tabla página 3 (2/2)



Ilustración 18 - Dashboard "Datos económicos"

En la Ilustración 18, se muestra el dashboard de "Datos económicos", con el que se puede realizar la toma de decisiones ya que muestra mucha información con sus KPI. A continuación, se describen sus gráficas:

- **Gastos empresariales (gráfico de pastel, parte superior izquierda):**
  - Divide los gastos totales en dos categorías principales:
    - Coste de sueldos: Representa el 15,23% del total, con 5,33 millones de euros.
    - Gasto en energía: Representa el 84,77% del total, con 29,69 millones de euros.
- **Euros por paquete (medidor, parte superior central):**
  - Muestra los euros que le implica a la empresa entregar un paquete 23,60€.
- **Mapas de almacenes y entregas (parte superior derecha):**

- Almacenes:
  - Muestra la ubicación geográfica de los almacenes mediante puntos azules en el mapa.
  - Ayuda a identificar la distribución y densidad de los almacenes en la ciudad.
- Entregas:
  - Representa en un mapa de calor las ubicaciones donde se realizaron entregas mediante puntos púrpuras.
  - Permite visualizar las áreas de mayor concentración de actividad logística.
- **Coste energético (gráfico de pastel, parte inferior izquierda):**
  - Desglose del gasto energético en tres categorías:
    - Gasto en gasolina: La mayor parte, con 83,2% (24,82 millones de euros).
    - Gasto en híbridos: Representa el 15,83% (4,4 millones de euros).
    - Gasto en eléctricos: Representa solo el 1,39% (0,41 millones de euros).
- **Vehículos (gráfico de pastel, parte inferior central):**
  - Clasifica los vehículos según tipo y fuente de energía:
    - Mayor cantidad: Motos de gasolina (49,65% con 860 unidades).
    - Otros tipos incluyen coches de gasolina (25,06%), furgonetas y vehículos eléctricos o híbridos.
- **Vehículos según tipo (gráfico de pastel, parte inferior derecha):**
  - Agrupa los vehículos en tres categorías generales:
    - Motos: Representan el 65,13% del total.
    - Coches: Representan el 31,76%.
    - Furgonetas: Constituyen el 3,12%.

Este análisis permite identificar oportunidades para optimizar costos, como la transición a vehículos eléctricos o la reubicación estratégica de almacenes. Además, las gráficas están interrelacionadas, permitiendo visualizar los datos filtrados seleccionando lo que le interese consultar al usuario.

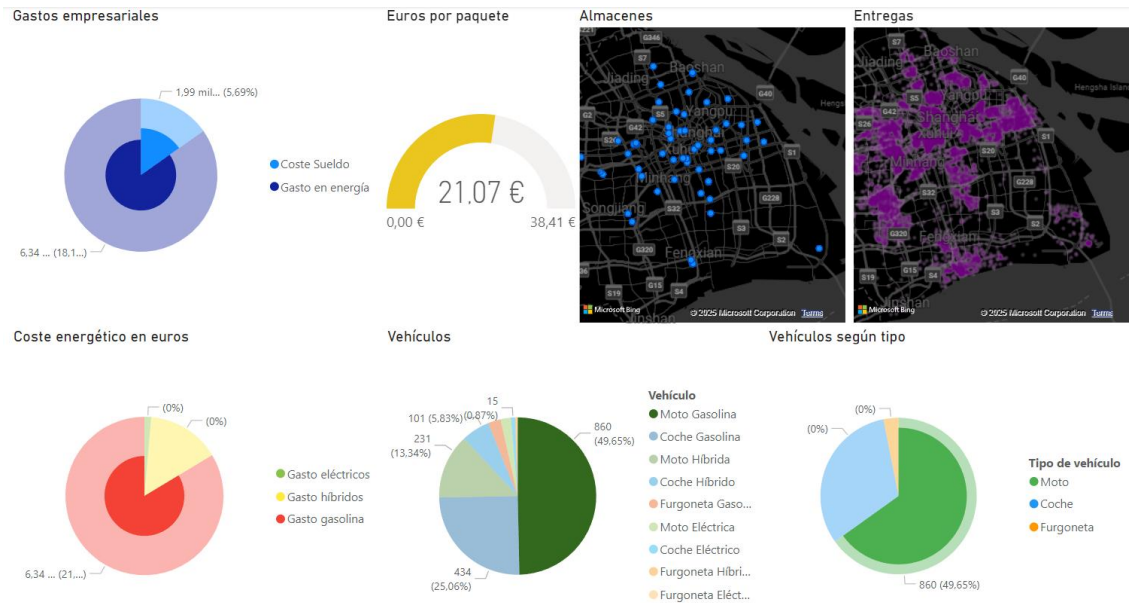


Ilustración 19 - Dashboard "Datos económicos", seleccionando un vehículo

En la Ilustración 19 se observa como, tras seleccionar en el dashboard “datos económicos” un sector de la gráfica de vehículos, las gráficas de su alrededor resaltan los porcentajes correspondientes al vehículo seleccionado.

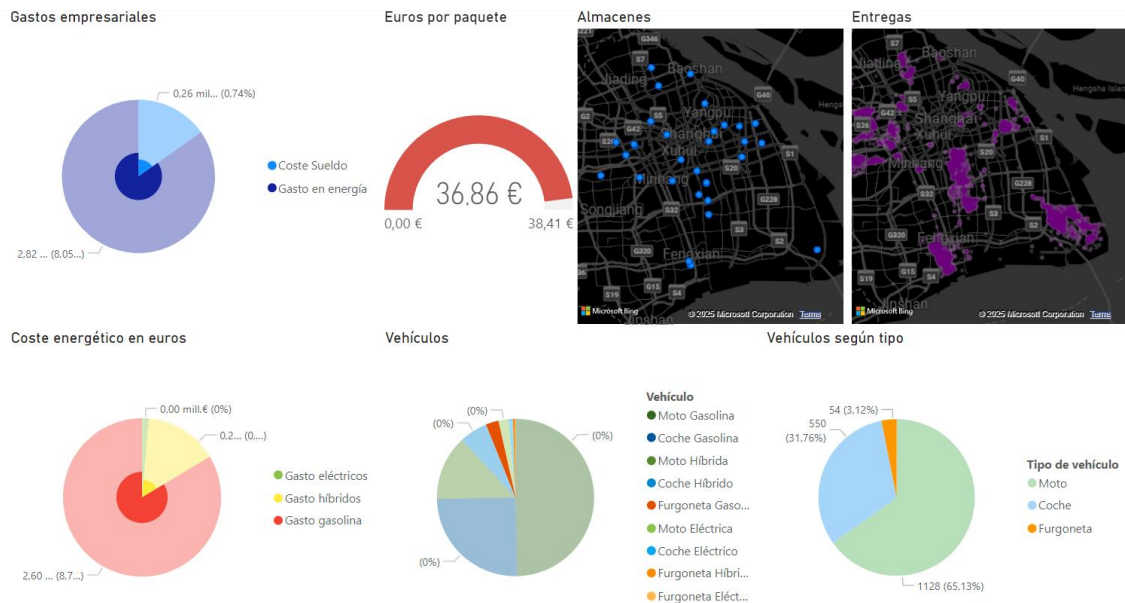


Ilustración 20 - Dashboard "Datos económicos", seleccionando un tipo de vehículo

En la Ilustración 20 se observa como, tras seleccionar en el dashboard “datos económicos” un sector de la gráfica de vehículos según tipo, las gráficas de su alrededor resaltan los porcentajes correspondientes al vehículo seleccionado.

#### 4.2.4 Datos medioambientales

En la cuarta página se describen los datos medioambientales a través de una serie de gráficas que resumen unos KPI. Los datos utilizados para realizar los cálculos en este dashboard se muestran en las ilustraciones Ilustración 5, Ilustración 6, Ilustración 7, Ilustración 16.

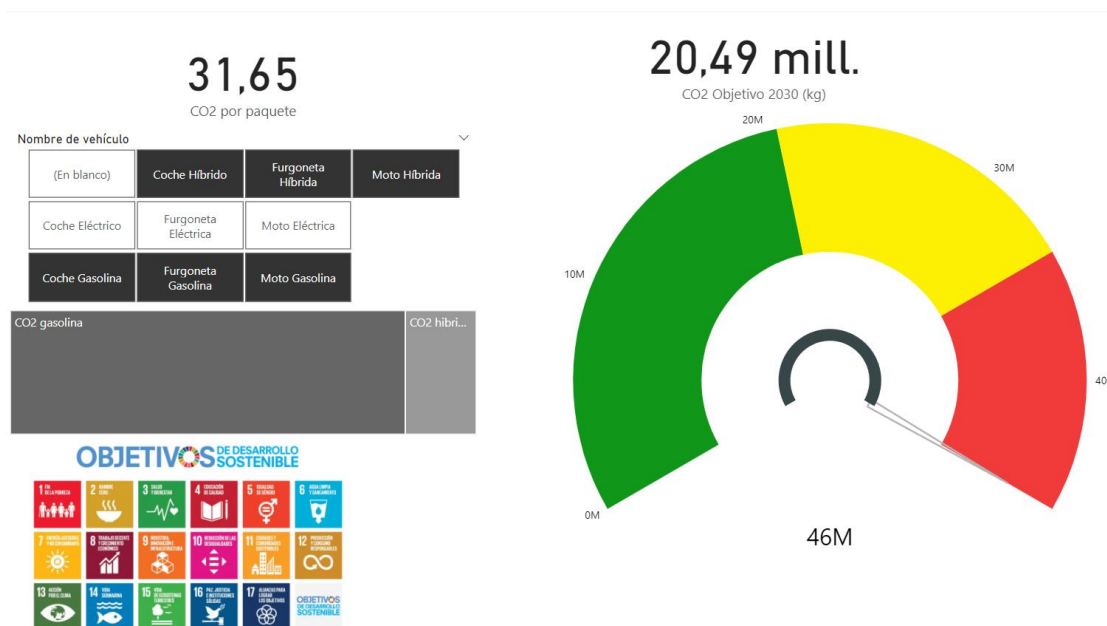


Ilustración 21 - Dashboard "datos medioambientales"

A continuación, se describen sus gráficas:

- **CO2 por paquete:**
  - Kilogramos de CO2 por paquete entregado (31,65)
- **Tipo de vehículo:**
  - Filtro para selecciona el tipo de vehículo en las gráficas del dashboard.
- **CO2 por combustible (treemap, izquierda centro):**
  - Proporción de CO2 según el tipo de combustible.
- **Medidor (izquierda):**
  - Indicador de los kg de CO2 emitidos con el objetivo marcado por la Agenda 2030.

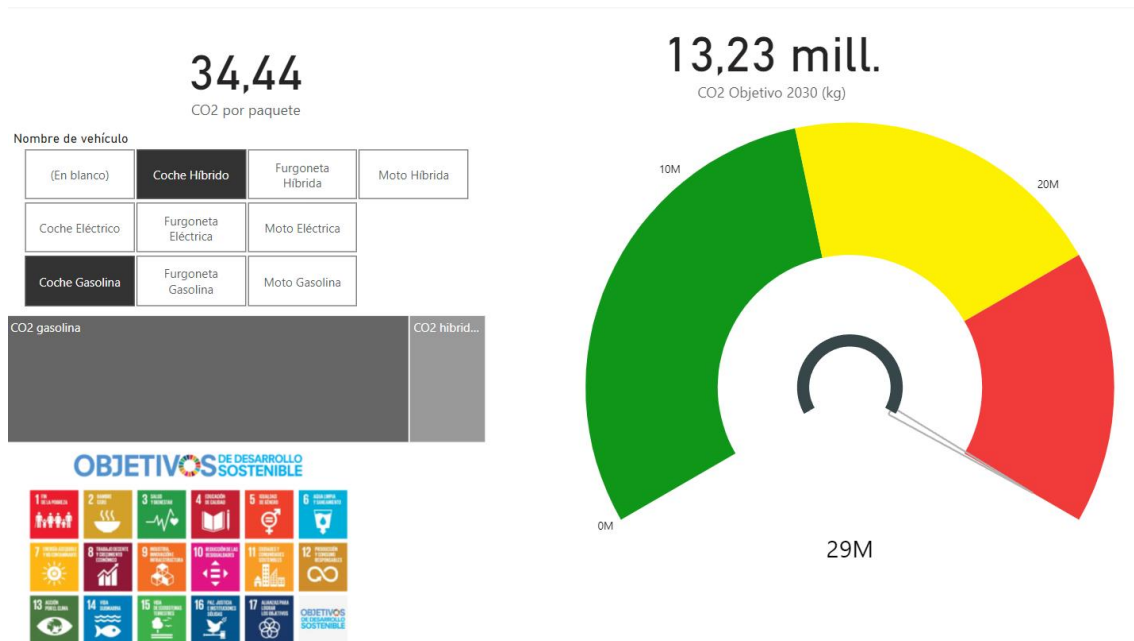


Ilustración 22 - Dashboard "datos medioambientales", seleccionando un par de nombres de vehículos

En la Ilustración 22 se observa como, tras seleccionar en el dashboard “datos medioambientales” un sector del filtro de nombre de vehículo, las gráficas de su alrededor resaltan los porcentajes correspondientes al vehículo seleccionado.

### 4.3 Análisis de los resultados

Gracias a mostrar los KPI en unas gráficas, se pueden analizar los datos que ha obtenido la empresa a lo largo de los 6 meses que se han recogido los datos.

- Cantidad de paquetes entregados: Mostrado en los dashboards de las páginas 1, 2 y 3, gracias a las opciones de filtrado se pueden analizar y llegar a una serie de conclusiones:
  - Página 1:
    - Se observa que, a pesar de que las ciudades tienen diferencias significativas en población, la proporción de paquetes repartidos no es equivalente.
    - Esto se debe a que cada ciudad presenta características únicas que influyen en la distribución y demanda de paquetes como se observa en Ilustración 8.
  - Página 2:
    - Se identifican variaciones significativas en las distancias promedio recorridas por los repartidores en relación con la cantidad de paquetes entregados.
    - Los repartidores que entregan más paquetes suelen recorrer mayores distancias promedio. Esto depende también de las zonas en las que trabajen, ya que algunas áreas requieren recorrer más distancia por cada paquete entregado.

- El número de paquetes repartidos varía según la zona y la hora del día.
  - Este comportamiento podría estar relacionado con:
    - Una mayor obtención de datos a medida que avanzó el estudio.
    - Una reducción en los pedidos durante los meses de verano.
  - El mapa muestra una mayoría abrumadora de entregas (en morado) en comparación con las recogidas de paquetes (en azul celeste).
  - Esto sugiere que los repartidores suelen recoger varios paquetes de una sola vez y los entregan de forma consecutiva, en lugar de realizar una recogida para cada entrega.
- Cantidad de repartidores: Mostrado en los dashboards de las páginas 1 y 2 se pueden analizar para llegar a una serie de conclusiones:
  - Página 1:
    - Al igual que en el caso del KPI anterior, se observa que la cantidad de repartidores asignados a las diferentes ciudades no guarda una relación directa con la población de las mismas. Esto se debe a las características particulares de cada ciudad, que van más allá del simple número de habitantes, como se muestra en Tabla 2.
  - Página 2:
    - Se evidencia un aumento progresivo en el número de repartidores que participaron en el estudio o que estuvieron activos durante los meses analizados. En los últimos meses del estudio, se registró una mayor cantidad de repartidores trabajando, lo que podría indicar un incremento en la demanda o una mejora en la capacidad operativa.
- Distancia promedio: Este dato que se muestra en la página dos nos permite llegar a las siguientes conclusiones:
  - La distancia promedio recorrida por los repartidores ha ido incrementándose según el mes del año en que trabajan. Esto podría estar relacionado con un aumento en la cantidad de entregas o con cambios en las rutas asignadas.
  - Durante el mediodía, los repartidores recorren, en promedio, más kilómetros que en la tarde. Esto sugiere que las entregas realizadas por la mañana tienden a ser más uniformes y eficientes, mientras que en la tarde la distribución parece ser más relajada y dispersa.
- Distancia recorrida: Este dato que se muestra en las páginas 1 y 2 nos permite llegar a las siguientes conclusiones:
  - Página 1:
    - En total, se ha recorrido una gran cantidad de kilómetros, distribuidos de manera proporcional al número de paquetes entregados en las diferentes ciudades. Esto refleja una planificación logística que tiene en cuenta las necesidades de cada área.
  - Página 2:
    - Aunque existe una gran cantidad de repartidores, los kilómetros totales recorridos se distribuyen progresivamente en función de los paquetes entregados.

Sin embargo, al analizar los datos temporales, se observa que muchos repartidores comenzaron a trabajar únicamente en los últimos meses del estudio.

- En cuanto a las distribuciones horarias, no presentan sorpresas significativas, excepto por un dato interesante: la cantidad de kilómetros recorridos por paquete tiende a ser mayor durante el horario de la mañana en comparación con el de la tarde. Esto podría indicar una mayor eficiencia en la distribución por las tardes.
- Distribución horaria de entregas: En la página 2, este dato nos permite analizar los siguientes puntos:
  - Las entregas presentan dos picos bien definidos, uno a media mañana y otro a media tarde. Esta tendencia se mantiene constante a lo largo de los meses analizados en el estudio. Estos horarios podrían ser estratégicos para maximizar la cantidad de paquetes entregados exitosamente en el primer intento, ya que coinciden con momentos en los que es más probable que los destinatarios estén disponibles para recibirlos.
  - Aunque esta tendencia es predominante, no todos los repartidores la siguen. Algunos realizan un mayor número de entregas por la tarde en comparación con la mañana, pero estos casos representan una proporción menor en el conjunto total de datos. Esto sugiere diferencias en los patrones de trabajo o en las características de las zonas asignadas.
- Gastos en sueldos: En la página 3 del dashboard nos permite realizar el siguiente análisis:
  - Los gastos en sueldos durante los meses analizados en el estudio son considerablemente menores en comparación con los gastos destinados a la energía de los vehículos. Esto destaca la importancia del coste energético como uno de los principales factores de inversión operativa.
  - La proporción de gasto en sueldos está directamente relacionada con el número de empleados y el tipo de vehículo que utilizan. Sin embargo, existe una excepción en el caso de los empleados que conducen furgonetas, quienes reciben un salario mayor debido a condiciones establecidas por convenio laboral. Esto refleja cómo el tipo de vehículo influye no solo en los costos energéticos, sino también en la estructura salarial.
- Gastos en energía: En la página 3 del dashboard nos encontramos las siguientes conclusiones:
  - Los vehículos que utilizan gasolina son los que generan el mayor gasto energético para la empresa, independientemente del tipo de vehículo. Esto resalta la importancia de optimizar o reducir el uso de vehículos a gasolina para disminuir los costos operativos relacionados con la energía.
  - En términos absolutos, las motos son los vehículos que más energía consumen debido a su gran cantidad en la flota. Sin embargo, de forma proporcional, las furgonetas representan el mayor gasto energético por unidad, lo que sugiere que estos vehículos son más costosos de operar en términos de consumo energético individual.
- CO2: Se describe principalmente en la página 4 del dashboard, lo que permite llegar a la siguiente conclusión:

- El consumo de energía procedente de la actividad es muy alto, sobre todo por el consumo procedente de los vehículos de gasolina que utiliza la empresa. Dentro de ellos, se observa qué vehículo es el que más residuos genera, aunque es lógico porque coincide con el que más kilómetros ha recorrido.

## **4.4 Toma de decisiones**

Utilizando toda la información que hemos recogido, mostrado en gráficas y posteriormente analizado, se pueden tomar una serie de decisiones estratégicas basadas en dicha información.

### **4.4.1 Reducción de gastos**

El objetivo principal de uno de los principales stakeholders de la logística de última milla, la empresa de transportes es el incremento del beneficio, y una de las formas más directas para lograrlo es mediante la reducción de costos operativos. Basándonos en el análisis de los KPI definidos anteriormente, se pueden implementar las siguientes decisiones estratégicas:

#### **4.4.1.1 Optimización de rutas de entrega**

La eficiencia en las rutas es clave en la logística de última milla. Rutas más optimizadas implican menores tiempos de entrega, menor consumo de energía, una reducción en la necesidad de repartidores y una mejora significativa en la percepción del cliente sobre el servicio.

Implementar tecnologías avanzadas de recopilación y análisis de datos, como sistemas de geolocalización y aprendizaje automático, para calcular rutas más eficientes y adaptadas a las fluctuaciones de demanda en tiempo real es una de las decisiones estratégicas que puede tomar la empresa.

Con ello, se consigue una reducción de kilómetros recorridos por paquete entregado, lo que derivará en un menor gasto energético y costos laborales.

Según [15], optimizar rutas puede reducir hasta un 30% el costo total en la última milla de entrega.

#### **4.4.1.2 Optimización de la flota de vehículos**

El análisis muestra que gran parte de la flota está compuesta por vehículos a gasolina, que generan altos costos operativos y un impacto ambiental considerable.

Para ello se puede reducir progresivamente el uso de vehículos a gasolina e incorporar vehículos eléctricos o híbridos, priorizando motos eléctricas para áreas urbanas de alta densidad y furgonetas híbridas para entregas de mayor volumen.

Aunque esta estrategia implica una inversión inicial elevada, los ahorros a largo plazo en combustible y mantenimiento, junto con incentivos gubernamentales para la electrificación de flotas, pueden compensar el costo.

Según [16], los vehículos eléctricos son hasta un 60% más económicos en costos de operación a largo plazo en comparación con los de gasolina.

#### **4.4.1.3 Distribución equitativa de repartidores**

El número de repartidores por ciudad no guarda una relación proporcional con los paquetes entregados. Esto sugiere ineficiencias en la asignación de recursos humanos.

Para ello se puede realizar un análisis detallado de las características específicas de cada ciudad (densidad poblacional, patrones de demanda y áreas de difícil acceso) para ajustar el número de repartidores asignados.

Con ello se puede conseguir una reducción de costos laborales y mejor aprovechamiento de la capacidad instalada.

Según [17], ajustar la asignación de recursos en función de los patrones locales puede incrementar hasta un 20% la productividad en la última milla.

#### **4.4.1.4 Reorganización estratégica de almacenes**

La distribución de almacenes actuales no corresponde completamente con los patrones de demanda y las áreas de entrega. En la parte sur de la ciudad, por ejemplo, se identifica una menor proporción de almacenes respecto al norte.

Para ello, se puede incrementar el número de almacenes en zonas subatendidas, como el sur, para reducir las distancias de entrega y aumentar la eficiencia logística.

Así se consigue disminuir la distancia promedio recorrida por entrega y una mejora en los tiempos de servicio.

[18] indica que una distribución más equitativa de almacenes puede reducir hasta un 25% los costos de transporte.

#### **4.4.1.5 Reducción del uso de coches en la flota**

Los coches, si bien son útiles en ciertos contextos, son el medio de transporte menos eficiente en términos de gasto energético en la última milla.

Para ello, se debe priorizar el uso de motos y bicicletas eléctricas para entregas ligeras y en áreas urbanas. Reducir gradualmente el número de coches en la flota, especialmente en zonas donde su uso no sea estrictamente necesario.

Se obtendrá una mejora en la eficiencia energética y una disminución del costo por entrega.

Según [19], el cambio hacia motos eléctricas en zonas urbanas puede disminuir el gasto energético hasta un 40%.

### **4.4.2 Reducción de impacto medioambiental**

Para los gobiernos, que son uno de los stakeholders más relevantes, la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> es una prioridad creciente debido a sus implicaciones ambientales y sociales. En este contexto, las empresas logísticas pueden contribuir significativamente adoptando estrategias que disminuyan su huella de carbono.

#### **4.4.2.1 Reducción de vehículos no electrificados**

Una de las medidas más importantes es la reducción de vehículos que funcionan exclusivamente con combustibles fósiles. En el análisis realizado, se identificó que la mayor parte de las emisiones provienen de estos vehículos. Por ello, sustituir progresivamente los vehículos de gasolina por alternativas más sostenibles, como vehículos eléctricos o híbridos, representa una solución clave. Aunque esta decisión implica una inversión inicial significativa, los beneficios a largo plazo, como la reducción en costos operativos y el acceso a incentivos gubernamentales, justifican su implementación. Según [16], los vehículos eléctricos pueden reducir hasta un 50% las emisiones de CO2 en comparación con los de gasolina.

#### **4.4.2.2 Mejora de las rutas de entrega**

Otra estrategia eficaz es la mejora de las rutas de entrega. Cuanto más optimizadas sean las rutas, menores serán los kilómetros recorridos, lo que a su vez reduce el consumo energético y las emisiones de gases contaminantes. Esto puede lograrse mediante el uso de herramientas avanzadas de geolocalización y planificación logística, que permitan identificar rutas más cortas y eficientes. Según [20], la optimización de rutas puede disminuir hasta un 30% el consumo de combustible en operaciones logísticas, contribuyendo de manera significativa a la sostenibilidad ambiental.

#### **4.4.3 Reducción de impacto a la marca**

En un mercado competitivo, la percepción del cliente se ha convertido en un factor crucial para el éxito de cualquier empresa. Mejorar la imagen de marca no solo refuerza la fidelidad de los consumidores, sino que también amplía la base de clientes potenciales. Por ello, implementar estrategias que optimicen la experiencia del cliente y alineen a la empresa con valores sostenibles resulta esencial.

##### **4.4.3.1 Mejora del servicio**

Una medida clave es la reducción de los tiempos de espera en las entregas. Un servicio más rápido y eficiente mejora la percepción de calidad que tiene el cliente, generando confianza y satisfacción. Para lograrlo, es fundamental optimizar las rutas de entrega mediante el uso de tecnologías avanzadas de planificación logística y análisis de datos en tiempo real. Según el Informe de Logística y Satisfacción del Cliente (2022) del Banco Interamericano de Desarrollo, una disminución del 20% en los tiempos de entrega puede incrementar la satisfacción del cliente en un 35%, fortaleciendo la lealtad hacia la marca.

##### **4.4.3.2 Reducción del impacto medioambiental**

Otra estrategia complementaria es la reducción del impacto medioambiental de las operaciones. Los consumidores actuales valoran cada vez más a las empresas que demuestran un compromiso real con la sostenibilidad. Adoptar medidas como el uso de vehículos eléctricos, la implementación de rutas más eficientes y la reducción de emisiones no solo ayuda al medio ambiente, sino que también posiciona a la empresa como una marca responsable y consciente.

Según un estudio de la Consultora Nielsen (2022), el 85% de los consumidores prefieren marcas con políticas claras de sostenibilidad, lo que demuestra la importancia de integrar estas prácticas en la estrategia empresarial.

## 5 Discusión

Las implicaciones prácticas de este trabajo son tangibles y relevantes. Este estudio demuestra que, incluso con una cantidad limitada de datos, es posible justificar una serie de decisiones estratégicas reales para una empresa de logística de última milla. Esto se alinea con el contexto actual de la industria, donde las empresas tienen acceso a una cantidad sin precedentes de datos y pueden procesarlos para tomar decisiones en tiempo real respaldadas estadísticamente. Sin embargo, este enfoque no está exento de riesgos y desafíos:

- La veracidad y calidad de los datos: No todos los datos recopilados son fiables o representativos. Durante este estudio, una de las principales dificultades fue garantizar la calidad y la veracidad de la base de datos seleccionada. Factores como la variedad y el tamaño de los datos juegan un papel crucial en la obtención de resultados precisos. Para llegar a conclusiones sólidas a través del análisis de datos, es fundamental trabajar con información suficiente y de alta calidad que respalde los análisis estadísticos de manera adecuada.
- Errores en el análisis de los datos: Aunque los datos pueden sugerir ciertas tendencias o situaciones, existe el riesgo de pasar por alto factores clave o interpretar de forma errónea los resultados. Esto puede llevar a decisiones estratégicas equivocadas que no reflejan la realidad operativa. Por ejemplo, una correlación aparente entre dos variables podría ser puramente circunstancial, lo que subraya la importancia de validar los hallazgos mediante análisis complementarios y pruebas prácticas.
- Sobrecarga de datos y análisis excesivo: En el contexto actual, donde las empresas pueden recopilar más datos que nunca, también existe el peligro de la sobrecarga de información. Analizar en exceso o centrarse en métricas irrelevantes puede diluir el enfoque en las prioridades estratégicas y consumir recursos de manera ineficiente. Según [21] muchas empresas desperdician hasta el 30% de su tiempo analizando datos que no aportan valor directo a sus objetivos estratégicos.

Un claro ejemplo de los desafíos asociados con la falta de datos se puede observar en este estudio, donde numerosos KPI no pudieron calcularse debido a la ausencia de información relevante. Esto es particularmente evidente en métricas relacionadas con la experiencia del usuario final, como el porcentaje de paquetes entregados a tiempo, la cantidad de envíos retrasados o incluso aquellos que no fueron recogidos en el primer intento. Según un informe de la Universal Postal Union (UPU), más del 15% de los paquetes a nivel mundial enfrentan retrasos significativos debido a problemas logísticos, como el tráfico o la falta de optimización de rutas [22]. De haber contado con estos datos en el presente estudio, habría sido posible identificar zonas específicas donde el tráfico o la infraestructura generan retrasos, permitiendo diseñar estrategias más efectivas para mejorar la puntualidad en las entregas.

Una vez recopilados los datos necesarios, el siguiente desafío es encontrar la forma más adecuada de representarlos para tomar decisiones informadas. Por ejemplo, los datos originales de este estudio no incluían información explícita sobre la ubicación de los almacenes. Sin embargo, al mapear los puntos donde los repartidores recogieron paquetes, surgieron patrones claros que permitieron identificar una serie de ubicaciones destacadas, que se asignaron como posibles almacenes. Este enfoque es consistente con las recomendaciones de optimización logística del World Bank Logistics Performance Index, que destaca

la importancia de utilizar herramientas de geolocalización para mejorar la eficiencia en la distribución [23].

Otro aspecto complejo fue la visualización de la distancia recorrida por cada repartidor, una métrica de gran interés para evaluar la eficiencia operativa. Debido a la gran cantidad de repartidores, representar esta información de forma clara no fue sencillo. A lo largo del estudio, se exploraron varias opciones de visualización antes de adoptar el treemap, que resultó ser una solución efectiva para mostrar de manera comprensible las distancias recorridas por cada repartidor. Este enfoque no solo facilitó la interpretación de los datos, sino que también permitió identificar patrones que habrían pasado desapercibidos con otras formas de visualización.

## 6 Conclusiones

El análisis realizado muestra que el uso de herramientas de inteligencia de negocio como Power BI mejora significativamente la eficiencia en la toma de decisiones en la empresa. Se identificaron áreas en las que se podían realizar mejoras sustanciales de forma sencilla y eficaz. En un mundo en el que la tecnología se ha vuelto una parte de la rutina, la obtención de datos es cada vez más posible y sencilla. Un manejo correcto de estos permite un análisis que sin este tipo de herramientas resulta inconcebible.

La hipótesis inicial planteaba que la implementación de herramientas analíticas avanzadas mejoraría la eficiencia de la logística de última milla. Los resultados obtenidos confirman esta hipótesis, ya que con un simple vistazo se han podido llegar a un gran número de decisiones estratégicas que mejorarían ampliamente el proceso de la logística de última milla.

Para futuros trabajos, una de las vías de estudio posibles es el uso del aprendizaje automático, con herramientas como Python o Power BI para predecir comportamientos u optimizar recursos de forma más eficiente.

## 7 Análisis del impacto

Como hemos visto a lo largo de este trabajo, el comercio electrónico y la logística de última milla juegan un papel crucial en la economía global y tienen un impacto significativo en varios de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. A continuación, se describen los objetivos con los que está relacionado este estudio:

### ODS 8: Trabajo Decente y Crecimiento Económico

La expansión del comercio electrónico puede generar nuevas oportunidades de empleo en múltiples sectores, desde tecnología y marketing digital hasta logística y distribución. El estudio puede identificar áreas donde se pueden crear empleos de calidad y promover prácticas laborales justas en toda la cadena de suministro.

### ODS 9: Industria, Innovación e Infraestructura

La logística de última milla es un área de intensa innovación, con avances en tecnologías como vehículos autónomos, drones y algoritmos de optimización de rutas. Un estudio puede fomentar el desarrollo de infraestructuras inteligentes y sostenibles que mejoren la eficiencia y reduzcan los costos logísticos, promoviendo la innovación industrial.

### ODS 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles

Mejorar la eficiencia de la logística de última milla puede reducir la congestión del tráfico y las emisiones de carbono en las áreas urbanas. El estudio puede ofrecer soluciones para hacer que la distribución urbana sea más sostenible, lo que contribuye a la creación de ciudades más limpias y habitables.

### ODS 12: Producción y Consumo Responsables

Un análisis detallado del comercio electrónico puede ayudar a promover prácticas de consumo más sostenibles, como el uso de envases reciclables y la reducción del desperdicio. Además, puede fomentar la producción responsable al optimizar la cadena de suministro para minimizar el impacto ambiental.

### ODS 13: Acción por el Clima

La logística de última milla tiene un impacto directo en las emisiones de gases de efecto invernadero. Un estudio puede identificar formas de reducir estas emisiones mediante el uso de tecnologías limpias y la optimización de las rutas de entrega, contribuyendo a la mitigación del cambio climático.

### ODS 3: Salud y Bienestar

Mejorar la logística de última milla puede asegurar una distribución más rápida y eficiente de productos esenciales como alimentos y medicinas, lo que es crucial para el bienestar de las comunidades. Además, puede reducir el estrés

y la carga laboral de los trabajadores de la logística mediante la implementación de tecnologías avanzadas y prácticas laborales saludables.

#### ODS 17: Alianzas para Lograr los Objetivos

La colaboración entre empresas de comercio electrónico, proveedores de logística, gobiernos y comunidades es esencial para abordar los desafíos y oportunidades en estas áreas. Un estudio puede facilitar la creación de alianzas estratégicas y fomentar la cooperación internacional para implementar soluciones sostenibles y escalables.

## 8 Bibliografía

- [1] «Most Valuable eCommerce Companies Globally in 2024,» Ecommercedb.com, 25 10 2024. [En línea]. Available: <https://ecommercedb.com/insights/the-world-s-most-valuable-e-commerce-companies/3946>.
- [2] K. G. Rodriguez, O. J. Ortiz, A. I. Quiroz y M. L. Parrales, *El e-commerce y las Mipymes en tiempos de Covid-19*, Espacios, 2020.
- [3] S. J. K. K. P. Hyeong Suk Na, «Characterization and Design for Last Mile Logistics: A Review of the State of the Art and Future Directions,» *Applied Sciences*, vol. 118, p. 12, 2022.
- [4] I. N. d. Estadística, «Contabilidad Nacional Anual de España: agregados por rama de actividad,» 2023. [En línea]. Available: [https://www.ine.es/jaxiT3/Datos.htm?t=69069#\\_tabs-grafico](https://www.ine.es/jaxiT3/Datos.htm?t=69069#_tabs-grafico).
- [5] R. G. P. D. E. V. d. V. D. T. Vanelslander, «Characteristics of innovations in last mile logistics -using best practices, case studies and making the link with green and sustainable logistics-,» [En línea]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/341980496\\_Characteristics\\_of\\_innovations\\_in\\_last\\_mile\\_logistics\\_using\\_best\\_practices\\_case\\_studies\\_and\\_making\\_the\\_link\\_with\\_green\\_and\\_sustainable\\_logistics](https://www.researchgate.net/publication/341980496_Characteristics_of_innovations_in_last_mile_logistics_using_best_practices_case_studies_and_making_the_link_with_green_and_sustainable_logistics).
- [6] VIPIN JAIN, BINDOO MALVIYA, SATYENDRA ARYA, «An Overview of Electronic Commerce (e-Commerce),» *Journal of Contemporary Issues in Business and Government*, vol. 27, n° 3, 2021.
- [7] A. Orús, «Devoluciones de productos comprados en Internet en Estados Unidos en 2023, por categoría,» Statista, 2024. [En línea]. Available: [https://es.statista.com/previsiones/1330846/devoluciones-de-compras-online-por-categoria-en-ee-uu?utm\\_source=chatgpt.com](https://es.statista.com/previsiones/1330846/devoluciones-de-compras-online-por-categoria-en-ee-uu?utm_source=chatgpt.com).
- [8] A. Dogac, Software Research and Development Consultancy (SRDC), Ankara, 1998.
- [9] Hai Wang, Shuai Wang, Yu Yang, Desheng Zhang, «GCRL: Efficient Delivery Area Assignment for Last-mile Logistics with Group-based Cooperative Reinforcement Learning,» de *2023 IEEE 39th International Conference on Data Engineering (ICDE)*, Anaheim, CA, USA, 2023.
- [10] C. Tavera Romero, J. Ortiz, O. Khalaf y A. Ríos Prado, «Business Intelligence: Business Evolution after Industry 4.0.,» *Sustainability*, vol. 10026, p. 13, 2021.
- [11] H. W. H. H. X. M. Y. X. E. S. J. Z. J. L. Y. L. L. Y. R. Z. Y. L. H. W. Lixia Wu, «LaDe: The First Comprehensive Last-mile Delivery Dataset from Industry,» 3 Enero 2024. [En línea]. Available: <https://arxiv.org/abs/2306.10675>. [Último acceso: 2 Marzo 2024].
- [12] K. S. V. Naneva, «Optimization techniques for business intelligence reports,» *AIP Conf. Proc.*, vol. 2333, n° 1, 2021.
- [13] Anfac, «Informe Anual,» 2023.
- [14] B. O. d. Estado, «Disposición 20165 del BOE núm. 231 de 2023,» p. 130706, 27 Septiembre 2023.

- [15] B. Mundial, « Informe sobre Infraestructura de Logística,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.worldbank.org>.
- [16] A. I. d. Energía, «Informe de Transición Energética,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.iea.org>.
- [17] A. I. d. Energía, «Informe de Transición Energética,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.iea.org>.
- [18] D. d. T. d. EE.UU, «Informe sobre Transporte y Logística,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.transportation.gov>.
- [19] A. E. d. M. Ambiente, «Informe sobre Medio Ambiente en Europa,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.eea.europa.eu>.
- [20] B. Mundial, «Informe sobre Infraestructura Logística,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.worldbank.org>.
- [21] W. E. Forum, «Informe,» 2022. [En línea].
- [22] U. P. Union, «Postal Development Report 2021,» UPU, 2021.
- [23] W. Bank, «Connecting to Compete 2021: Trade Logistics in the Global Economy,» World Bank, 2021.
- [24] X. W. L. T. W. N. Y. D. W. Kum Fai Yuen, «An investigation of customers' intention to use self-collection services for last-mile delivery,» *Transport Policy*, vol. 66, pp. 1-8, 2018.
- [25] L. Ranieri, S. Digiesi, B. Silvestri y M. Roccotelli, «A review of last mile logistics innovations in an externalities cost reduction,» *Sustainability* , vol. 782, p. 10, 2018.

## 9 Índice de tablas e ilustraciones

Ilustración 1 - Estructura de datos de LaDe-D. Adaptado de 11.....	13
Ilustración 2 - Mapa interactivo .....	19
Ilustración 3 - Mapa interactivo, día completo.....	19
Ilustración 4 - Mapa interactivo, inicio .....	20
Ilustración 5 - Medidas página 1 (1/3) .....	21
Ilustración 6 - Medidas página 1 (2/3) .....	21
Ilustración 7 - Medidas página 1 (3/3) .....	21
Ilustración 8 - Dashboard "Información global" .....	22
Ilustración 9 - Tabla página 2 (1/3).....	23
Ilustración 10 - Tabla página 2 (2/3).....	23
Ilustración 11 - Tabla página 2 (3/3).....	24
Ilustración 12 - Dashboard "Información local" .....	24
Ilustración 13 - Dashboard "Información local", seleccionando un repartidor	26
Ilustración 14 - Dashboard "Información local", seleccionando un mes .....	26
Ilustración 15 - Dashboard "Información local", seleccionando una hora .....	27
Ilustración 16 - Tabla página 3 (1/2).....	28
Ilustración 17 - Tabla página 3 (2/2).....	29
Ilustración 18 - Dashboard "Datos económicos" .....	29
Ilustración 19 - Dashboard "Datos económicos", seleccionando un vehículo .	31
Ilustración 20 - Dashboard "Datos económicos", seleccionando un tipo de vehículo .....	31
Ilustración 21 - Dashboard "datos medioambientales" .....	32
Ilustración 22 - Dashboard "datos medioambientales", seleccionando un par de nombres de vehículos .....	33
Ilustración 23 - Código cálculo de distancias y limpieza de datos (1/2) .....	48
Ilustración 24 - Código cálculo de distancias y limpieza de datos (2/2) .....	49
Ilustración 25 - Código asignación aleatoria de vehículos y sueldos (1/2) .....	50
Ilustración 26 - Código asignación aleatoria de vehículos y sueldos (2/2) .....	51
Ilustración 27 - Código limpieza y ordenación de datos (1/2) .....	52
Ilustración 28 - Código limpieza y ordenación de datos (2/2) .....	53
Ilustración 29 - Código mapas interactivos (1/2).....	54
Ilustración 30 - Código mapas interactivos (2/2).....	55
Ilustración 31 - Código tabla de ids.....	56
Ilustración 32 - Código limpieza de datos.....	56
Ilustración 33 - Tablas del modelo y sus relaciones.....	57
Ilustración 34 - Medidas utilizadas en Power BI (1/2) .....	57
Ilustración 35 - Medidas utilizadas en Power BI (2/2) .....	58
Ilustración 36 - Ejemplo cálculo de medidas .....	58
Ilustración 37 - Primera ruta del día de entrega de paquetes y puntos a entregar de la siguiente.....	58
Ilustración 38 - Vistazo más cercano a las rutas .....	59
Ilustración 39 - Primera ruta del primer día completa.....	59
Ilustración 40 - Segundo día de entrega.....	59
Ilustración 41 - Primera y segunda ruta del segundo día y puntos a repartir tras recoger paquetes .....	60
Ilustración 42 - Almacén .....	60
Ilustración 43 - Primer día de entregas completo .....	60

# 10 Anexos

## 10.1 Python

```
1 import pandas as pd
2 import time
3 import openrouteservice
4
5 inicio = time.time()
6
7 client = openrouteservice.Client(
8     base_url='http://localhost:8080/ors')
9
10 data = pd.read_csv('delivery_j1.csv')
11
12 data['accept_time'] = pd.to_datetime(
13     data['accept_time'], format='%m-%d %H:%M:%S', errors='coerce')
14 data['delivery_time'] = pd.to_datetime(
15     data['delivery_time'], format='%m-%d %H:%M:%S', errors='coerce')
16
17 resultados = []
18 errores = 0
19 distancias_calculadas = 0
20
21 courier_ids = data['courier_id'].unique()
22 num_courier_unicos = len(courier_ids)
23 courier_hechos = 0
24 fechas = data['ds'].unique()
25 datos_fuera_lim = 0
26
27 min_lng, max_lng = 115.0, 1129.0 # Límites para la longitud
28 min_lat, max_lat = 41.0, 46.0 # Límites para la latitud
29
30 print(f"Hay un total de {num_courier_unicos} courier unicos")
31
32 for courier_id in courier_ids:
33     courier_hechos = courier_hechos + 1
34     if courier_hechos == num_courier_unicos // 4:
35         print("Llevamos un cuarto")
36         tiempo_transcurrido = time.time() - inicio
37
38         # Convierte el tiempo transcurrido a minutos y segundos
39         minutos = int(tiempo_transcurrido // 60)
40         segundos = int(tiempo_transcurrido % 60)
41
42         # Imprime el resultado en el formato deseado
43         print(f"Tiempo transcurrido: {minutos} minutos y {segundos} segundos.")
44     if courier_hechos == num_courier_unicos // 2:
45         print("Llevamos la mitad")
46         tiempo_transcurrido = time.time() - inicio
47
48         # Convierte el tiempo transcurrido a minutos y segundos
49         minutos = int(tiempo_transcurrido // 60)
50         segundos = int(tiempo_transcurrido % 60)
51
52         # Imprime el resultado en el formato deseado
53         print(f"Tiempo transcurrido: {minutos} minutos y {segundos} segundos.")
54
55 for fecha in fechas:
56     filtro = (data['courier_id'] == courier_id) & (data['ds'] == fecha)
57
58     pedidos_filtrados = data[filtro]
59
60     if len(pedidos_filtrados) == 0:
61         continue # Si no hay pedidos, pasamos al siguiente
62
63     coordenadas = []
64
```

Ilustración 23 - Código cálculo de distancias y limpieza de datos (1/2)

```

65     for index, row in pedidos_filtrados.iterrows():
66
67         accept_coords = (row['accept_gps_lng'],
68                         row['accept_gps_lat'], row['accept_time'])
69
70         delivery_coords = (row['delivery_gps_lng'],
71                            row['delivery_gps_lat'], row['delivery_time'])
72
73         coordenadas.append(accept_coords)
74         coordenadas.append(delivery_coords)
75
76     coordenadas_sorted = sorted(coordenadas, key=lambda x: x[2])
77
78     coordinates_ors = [[lng, lat] for lng, lat, _ in coordenadas_sorted
79                        if min_lng <= lng <= max_lng and min_lat <= lat <= max_lat]
80
81     datos_fuera_lim = datos_fuera_lim + \
82         (len(coordenadas_sorted)-len(coordinates_ors))
83
84     total_distance = 0
85
86     for i in range(len(coordinates_ors) - 1):
87         try:
88             route = client.directions(
89                 profile='driving-car',
90                 coordinates=[coordinates_ors[i], coordinates_ors[i+1]],
91                 format='geojson'
92             )
93             # Convertir a kilómetros
94             distance = route['features'][0]['properties']['segments'][0]['distance'] / 1000
95             total_distance += distance # Sumar a la distancia total
96             distancias_calculadas = distancias_calculadas + 1
97         except Exception as e:
98             print(f"Error calculando la ruta entre {
99                 coordinates_ors[i]} y {coordinates_ors[i + 1]}: {e}")
100             errores = errores + 1
101             continue
102         id_recorrido = f"{courier_id}_{fecha}"
103
104         resultados.append({
105             'id_courier': courier_id,
106             'ds': fecha,
107             'id_recorrido': id_recorrido,
108             'distancia': total_distance
109         })
110 # Crear un DataFrame con los resultados
111 df_resultados = pd.DataFrame(resultados)
112
113 print(f"Hay un total de {errores} errores")
114 print(f"Se han hecho {distancias_calculadas} cálculos en total")
115 print(f"Se han sacado {datos_fuera_lim} datos por estar fuera de los límites")
116
117 # Guardar el DataFrame en un archivo CSV
118 df_resultados.to_csv('resultados_couriers_j1.csv', index=False)
119
120 print("El archivo CSV ha sido guardado correctamente.")
121

```

Ilustración 24 - Código cálculo de distancias y limpieza de datos (2/2)

```

1 import pandas as pd
2 import random
3
4 # Leer las tablas
5 tabla_resultados = pd.read_csv('tabla_resultados.csv', sep=';')
6 resultados_couriers2 = pd.read_csv('resultados_couriers2.csv')
7
8 # Filtrar las filas con parada de tipo delivery
9 tabla_deliveries = tabla_resultados[tabla_resultados['parada'] == 'delivery']
10
11 # Añadimos las columnas courier_id y ds
12 tabla_deliveries['courier_id'] = tabla_deliveries['id_recorrido'].apply(
13     lambda x: x.split('_')[0])
14 tabla_deliveries['ds'] = tabla_deliveries['id_recorrido'].apply(
15     lambda x: x.split('_')[1])
16
17
18 # Paquetes promedio entregados al día por courier_id
19 # Contar orden_id únicos por courier_id y ds
20 entregas_por_dia = tabla_deliveries.groupby(['courier_id', 'ds'])[
21     'order_id'].nunique()
22
23 # Calcular promedio de paquetes por día para cada courier_id
24 promedio_paquetes_dia = entregas_por_dia.groupby(
25     'courier_id').mean().reset_index()
26 promedio_paquetes_dia.columns = ['courier_id', 'paquetes_promedio_dia']
27
28 # Añadimos las columnas courier_id y ds
29 tabla_resultados['courier_id'] = tabla_resultados['id_recorrido'].apply(
30     lambda x: x.split('_')[0])
31 tabla_resultados['ds'] = tabla_resultados['id_recorrido'].apply(
32     lambda x: x.split('_')[1])
33
34 # Promedio de delivery antes de cada accept
35 # Agrupar por courier_id e id_recorrido
36 entregas_por_recorrido = tabla_resultados.groupby(
37     ['courier_id', 'id_recorrido'])
38
39 # Crear una función para calcular delivery antes de cada accept
40 def calcular_delivery_antes_accept(grupo):
41     grupo = grupo.sort_values('timestamp') # Ordenar por tiempo
42     count_delivery = 0
43     delivery_counts = []
44
45     for _, row in grupo.iterrows():
46         if row['parada'] == 'delivery':
47             count_delivery += 1
48         elif row['parada'] == 'accept':
49             # print("He contado ", count_delivery)
50             if count_delivery == 0:
51                 continue
52             delivery_counts.append(count_delivery)
53             count_delivery = 0 # Resetear después de un accept
54     # Calcular promedio de deliveries antes de cada accept
55     return pd.Series({'promedio_delivery_antes_accept':
56         sum(delivery_counts) / len(delivery_counts) if delivery_counts else 0})
57
58 # Función para asignar vehículo según promedio de paquetes entregados antes de recoger otro
59 def asignar_vehiculo(promedio_paquetes):
60     if promedio_paquetes < 5:
61         return 1 # Moto
62     elif promedio_paquetes < 10:
63         return 2 # Coche
64     else:
65         return 3 # Furgoneta

```

Ilustración 25 - Código asignación aleatoria de vehículos y sueldos (1/2)

```

66
67 # Función para asignar tipo de vehículo (eléctrico, híbrido o gasolina)
68 def asignar_tipo_vehiculo():
69     prob = random.random()
70     if prob < 0.03:
71         return "Eléctrico" # 3% probabilidad
72     elif prob < 0.23: # Híbridos (20% del mercado según estimaciones actuales)
73         return "Híbrido"
74     else:
75         return "Gasolina"
76
77 # Función para calcular sueldo diario
78 def calcular_sueldo_diario(promedio_paquetes, vehiculo):
79     if vehiculo == 3: # Furgoneta
80         sueldo_base = 101.2
81     else: # Moto o coche
82         sueldo_base = 75
83     # Añadimos una ligera variación al sueldo en función de los paquetes entregados
84     varianza = random.uniform(-5, 5) # Variación de +/- 5 euros
85     return round(sueldo_base + varianza, 2)
86
87
88 # Aplicar la función a cada grupo
89 promedios_delivery_antes_accept = entregas_por_recorrido.apply(
90     calcular_delivery_antes_accept).reset_index()
91
92 # Combinar los resultados con promedio por courier_id
93 resultado_final = pd.merge(
94     promedio_paquetes_dia,
95     promedios_delivery_antes_accept.groupby(
96         'courier_id')['promedio_delivery_antes_accept'].mean().reset_index(),
97     on='courier_id'
98 )
99
100
101 resultado_final['Vehículo'] = resultado_final['promedio_delivery_antes_accept'].apply(
102     asignar_vehiculo)
103 resultado_final['Tipo de vehículo'] = resultado_final['Vehículo'].apply(
104     lambda x: asignar_tipo_vehiculo())
105
106 resultado_final['Sueldo diario'] = resultado_final.apply(
107     lambda row: calcular_sueldo_diario(row['paquetes_promedio_dia'], row['Vehículo']), axis=1)
108
109
110 # Crear una función para mapear los valores
111 def mapear_vehiculo(fila):
112     if fila['tipo_de_vehiculo'] == 'Eléctrico':
113         return fila['vehiculo']
114     elif fila['tipo_de_vehiculo'] == 'Híbrido':
115         return fila['vehiculo'] + 3
116     elif fila['tipo_de_vehiculo'] == 'Gasolina':
117         return fila['vehiculo'] + 6
118
119
120 # Aplicar la función a la columna 'Vehículo'
121 resultado_final['vehiculo'] = resultado_final.apply(mapear_vehiculo, axis=1)
122
123 # Guardar el resultado en un nuevo archivo CSV
124 resultado_final.to_csv('metricas_courier2.csv',
125     index=False, sep=';', decimal=',')
126

```

*Ilustración 26 - Código asignación aleatoria de vehículos y sueldos (2/2)*

```

1 import pandas as pd
2
3 # Leer el archivo CSV
4 data = pd.read_csv('delivery_sh.csv')
5
6 # Convertir las columnas de tiempo a datetime
7 data['accept_time'] = pd.to_datetime(
8     data['accept_time'], format='%m-%d %H:%M:%S', errors='coerce')
9 data['delivery_time'] = pd.to_datetime(
10    data['delivery_time'], format='%m-%d %H:%M:%S', errors='coerce')
11
12 # Ajustar el año a 2023 si el dato no es nulo
13 data['accept_time'] = data['accept_time'].apply(
14     lambda x: x.replace(year=2023) if pd.notnull(x) else x)
15 data['delivery_time'] = data['delivery_time'].apply(
16     lambda x: x.replace(year=2023) if pd.notnull(x) else x)
17
18 # Definir la fecha base para el cálculo de segundos desde 2010
19 fecha_base = pd.Timestamp('2010-01-01')
20
21 # Listas únicas de IDs y fechas
22 courier_ids = data['courier_id'].unique()
23 fechas = data['ds'].unique()
24
25 # Límites para filtrar latitudes y longitudes
26 min_lng, max_lng = 110.0, 124.0
27 min_lat, max_lat = 29.0, 34.0
28
29 # Lista para almacenar los resultados
30 resultados = []

```

*Ilustración 27 - Código limpieza y ordenación de datos (1/2)*

```

31
32 # Recorrer cada id y fecha
33 for courier_id in courier_ids:
34     for fecha in fechas:
35         # Filtrar pedidos por courier_id y fecha
36         filtro = (data['courier_id'] == courier_id) & (data['ds'] == fecha)
37         pedidos_filtrados = data[filtro]
38
39         if len(pedidos_filtrados) == 0:
40             continue # Si no hay pedidos, continuar con el siguiente
41
42         # ID del recorrido
43         id_recorrido = f"{courier_id}_{fecha}"
44
45         # Procesar cada fila del filtro
46         for _, row in pedidos_filtrados.iterrows():
47             order_id = row['order_id']
48             # Coordenadas y tiempos de aceptación y entrega
49             accept_coords = (row['accept_gps_lng'],
50                             row['accept_gps_lat'], row['accept_time'])
51             delivery_coords = (row['delivery_gps_lng'],
52                                row['delivery_gps_lat'], row['delivery_time'])
53
54             # Filtrar coordenadas por límites
55             for coords, parada in zip([accept_coords, delivery_coords], ['accept', 'delivery']):
56                 lng, lat, time = coords
57                 if pd.notnull(time) and min_lng <= lng <= max_lng and min_lat <= lat <= max_lat:
58                     # Calcular timestamp en segundos desde 2010
59                     timestamp = int((time - fecha_base).total_seconds())
60
61                     # Añadir a los resultados
62                     resultados.append({
63                         'id_recorrido': id_recorrido,
64                         'order_id': order_id,
65                         'lng': lng,
66                         'lat': lat,
67                         'parada': parada,
68                         'timestamp': timestamp
69                     })
70
71 # Crear un DataFrame con los resultados finales
72 df_resultados = pd.DataFrame(resultados)
73
74 # Guardar en CSV
75 df_resultados.to_csv('tabla_resultados.csv', sep=';', decimal=',', index=False)
76
77 print("El archivo CSV ha sido guardado correctamente.")
78
79

```

Ilustración 28 - Código limpieza y ordenación de datos (2/2)

```

1 import pandas as pd
2 import openrouteservice
3 import folium
4
5 client = openrouteservice.Client(
6     base_url='http://localhost:8080/ors')
7
8 data = pd.read_csv('tabla_resultados.csv', sep=';', decimal=',')
9
10 repartidores = [2015, 2551, 1512]
11 min_lng, max_lng = 110.0, 124.0 # Límites para la longitud
12 min_lat, max_lat = 28.0, 34.0 # Límites para la latitud
13
14 mapas_creados = 0
15 errores = 0
16
17 for id_repartidor in repartidores:
18
19     coincidencias = data[data['id_recorrido'].astype(
20         str).str.startswith(str(id_repartidor))]
21
22     coincidencias = coincidencias.sort_values('timestamp')
23
24     recorridos = coincidencias['id_recorrido'].unique()
25     for recorrido in recorridos:
26
27         filtro = (coincidencias['id_recorrido'] == recorrido)
28
29         pedidos_filtrados = coincidencias[filtro]
30         primeras_coordenadas = pedidos_filtrados[[
31             'lat', 'lng']].iloc[0].values.tolist()
32
33         m = folium.Map(
34             location=primeras_coordenadas, tiles="Cartodb Positron", zoom_start=14)
35
36         coords = []
37         recorridos = 0
38         anterior_parada = 0
39         coordenada = []
40         iteraciones = 0
41
42         nombre = "Recorrido " + str(recorridos)
43
44         # Creamos la primera capa
45         fg = folium.FeatureGroup(
46             name=nombre, overlay=True, control=True, show=True).add_to(m)
47
48         for _, row in pedidos_filtrados.iterrows():
49             iteraciones = iteraciones + 1
50             coordenada = row['lng'], row['lat']
51             # print("la coordenada es:")
52             # print(coordenada)
53             if row['parada'] == 'delivery':
54                 coordenadatemp = row['lat'], row['lng']
55                 nombre = "Entrega de paquete, paso " + str(iteraciones)
56                 folium.Marker(location=coordenadatemp, popup=nombre, icon=folium.Icon(
57                     color="purple")).add_to(fg)
58                 coords.append(coordenada)
59                 anterior_parada = 0
60                 continue
61
62             elif row['parada'] == 'accept':
63                 coordenadatemp = row['lat'], row['lng']
64                 nombre = "Recogida de paquete, paso " + str(iteraciones)
65                 folium.Marker(location=coordenadatemp, popup=nombre, icon=folium.Icon(
66                     color="lightblue")).add_to(fg)
67
68                 if anterior_parada == 1:
69                     coords = []
70                     coords.append(coordenada)
71                 continue
72

```

Ilustración 29 - Código mapas interactivos (1/2)

```

73     for i in range(len(coords) - 1):
74         try:
75             # Calculamos la ruta
76             route = client.directions(
77                 profile='driving-car',
78                 coordinates=[coords[i], coords[i+1]],
79                 format='geojson'
80             )
81             # Obtenemos los datos de la ruta
82             route_coords = [(point[1], point[0])
83                             for point in route['features'][0]['geometry']['coordinates']]
84
85             nombre = "Recorrido " + str(recorridos)
86
87             # Añadir la ruta al mapa
88             folium.PolyLine(route_coords, popup=nombre, color="purple",
89                             weight=3, opacity=0.5).add_to(fg)
90
91             # Creamos un Layer nuevo
92             fg = folium.FeatureGroup(
93                 name=nombre, overlay=True, control=True, show=True).add_to(m)
94             # folium.LayerControl().add_to(m)
95             recorridos = recorridos + 1
96
97         except Exception as e:
98             print(f"Error calculando la ruta entre {
99                 coords[i]} y {coords[i + 1]} : {e}")
100            errores = errores + 1
101            continue
102
103            coords.append(coordenada)
104
105            # Calculamos la ruta
106            route = client.directions(
107                profile='driving-car',
108                coordinates=[coords[len(coords) - 2],
109                            coords[len(coords) - 1]],
110                format='geojson'
111            )
112
113            # Obtenemos los datos de la ruta
114            route_coords = [(point[1], point[0])
115                            for point in route['features'][0]['geometry']['coordinates']]
116
117            # Creamos un Layer nuevo
118            nombre = "Recorrido " + str(recorridos)
119            fg = folium.FeatureGroup(
120                name=nombre, overlay=True, control=True, show=True).add_to(m)
121
122            # Añadir la ruta al mapa
123            folium.PolyLine(route_coords, popup=nombre, color="blue",
124                            weight=3, opacity=0.5).add_to(fg)
125            # folium.LayerControl().add_to(m)
126
127            anterior_parada = 1
128            coords = []
129            recorridos = recorridos + 1
130            folium.LayerControl().add_to(m)
131            m.save("./Rutas/ruta_ors" + recorrido + ".html")
132            # print(recorridos)
133            # print(iteraciones)
134            mapas_creados = mapas_creados + 1
135
136            print(f"Se han creado {mapas_creados} mapas distintos")

```

*Ilustración 30 - Código mapas interactivos (2/2)*

```

1 import pandas as pd
2
3 resultado_final = pd.read_csv('metricas_courier.csv', sep=';')
4
5 # Crear una función para mapear los valores
6 def mapear_vehiculo(fila):
7     if fila['tipo_de_vehiculo'] == 'Eléctrico':
8         return fila['vehiculo']
9     elif fila['tipo_de_vehiculo'] == 'Híbrido':
10        return fila['vehiculo'] + 3
11    elif fila['tipo_de_vehiculo'] == 'Gasolina':
12        return fila['vehiculo'] + 6
13
14
15 # Aplicar la función a la columna 'Vehículo'
16 resultado_final['vehiculo'] = resultado_final.apply(mapear_vehiculo, axis=1)
17
18 # Guardar el resultado en un nuevo archivo CSV
19 resultado_final.to_csv('metricas_courier.csv',
20                        index=False, sep=';', decimal=',')

```

*Ilustración 31 - Código tabla de ids*

```

1 import pandas as pd
2 from datetime import datetime
3
4 # Cargar el archivo CSV
5 data_delivery = pd.read_csv('delivery_sh.csv')
6
7 # Crear la nueva columna 'id_recorrido' concatenando 'courier_id' y 'ds'
8 data_delivery['id_recorrido'] = data_delivery.apply(
9     lambda row: f"{row['courier_id']}_{str(row['ds']).zfill(4)}", axis=1)
10
11 data_delivery = data_delivery.drop(
12     ['accept_gps_time', 'delivery_gps_time', 'courier_id', 'ds'], axis=1)
13
14 data_delivery['accept_time'] = '2023-' + data_delivery['accept_time']
15 data_delivery['delivery_time'] = '2023-' + data_delivery['delivery_time']
16
17 data_delivery['accept_time'] = pd.to_datetime(data_delivery['accept_time'])
18 fecha_base = pd.Timestamp('2010-01-01')
19
20 data_delivery['timestamp'] = (
21     data_delivery['accept_time'] - fecha_base).dt.total_seconds().astype(int)
22
23
24 # Guardar el CSV actualizado (opcional)
25 data_delivery.to_csv('delivery_sh_actualizado.csv',
26                    sep=';', decimal=',', index=False)
27
28 # Imprimir las primeras filas para comprobar
29 print(data_delivery[['courier_id', 'ds', 'id_recorrido']].head())
30

```

*Ilustración 32 - Código limpieza de datos*

## 10.2 Power BI

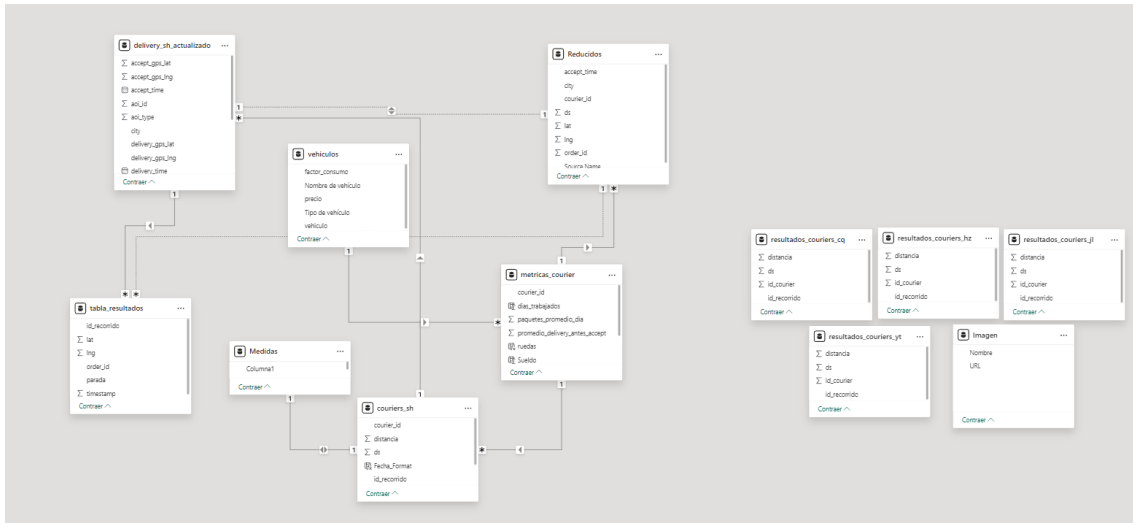


Ilustración 33 - Tablas del modelo y sus relaciones

- ☰ Cantidad paquetes
- ☰ Cantidad paquetes Chongqing
- ☰ Cantidad paquetes general
- ☰ Cantidad paquetes Hangzhou
- ☰ Cantidad paquetes Jilin
- ☰ Cantidad paquetes Shanghai
- ☰ Cantidad paquetes Yantai
- ☰ Cantidad Repartidores
- ☰ Cantidad repartidores Chongqing
- ☰ Cantidad repartidores General
- ☰ Cantidad repartidores Hangzhou
- ☰ Cantidad repartidores Jilin
- ☰ Cantidad repartidores Yantai
- ☰ CO2 gasolina
- ☰ CO2 hibridos
- ☰ CO2 MAX
- ☰ CO2 Medio
- ☰ CO2 Medio2
- ☰ CO2 Objetivo 2030 (kg)
- ☰ CO2 origen
- ☰ CO2 por paquete
- ☰ CO2 total

Ilustración 34 - Medidas utilizadas en Power BI (1/2)

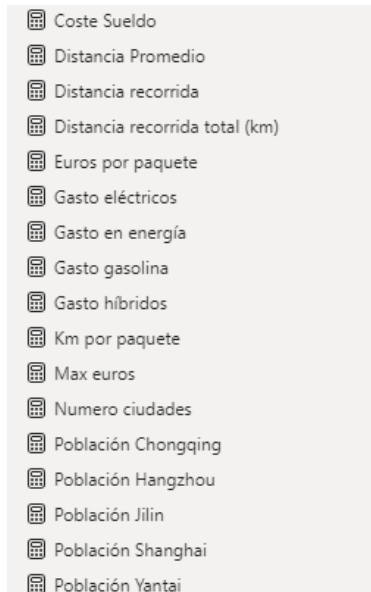


Ilustración 35 - Medidas utilizadas en Power BI (2/2)

```

1 Gasto eléctricos =
2 SUMX(
3     FILTER(
4         couriers_sh,
5         RELATED(metricas_courier[tipo_de_vehiculo]) = "eléctrico"
6     ),
7     couriers_sh[distancia] *
8     RELATED(vehiculos[factor_consumo]) *
9     RELATED(vehiculos[precio])
10 )

```

Ilustración 36 - Ejemplo cálculo de medidas

### 10.3 Folium

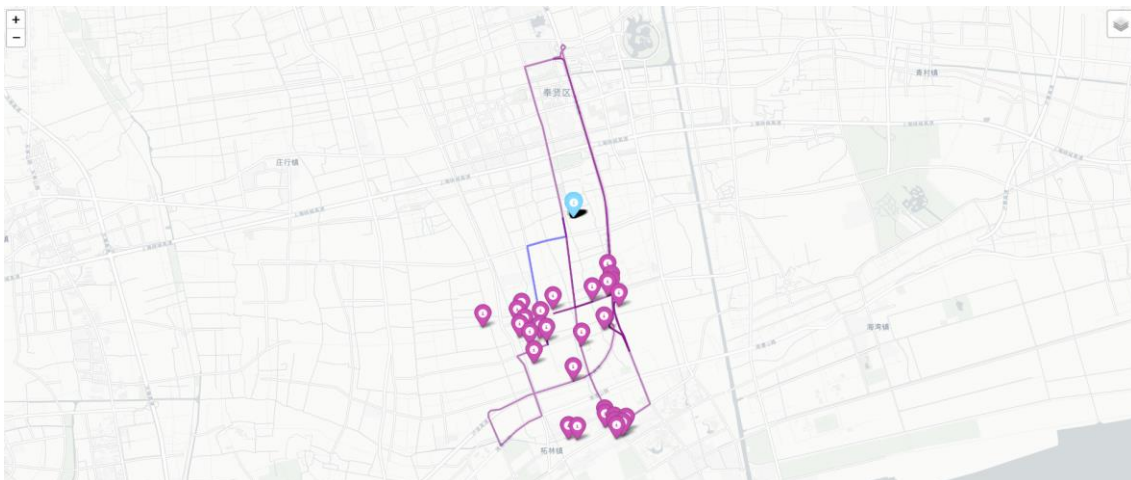
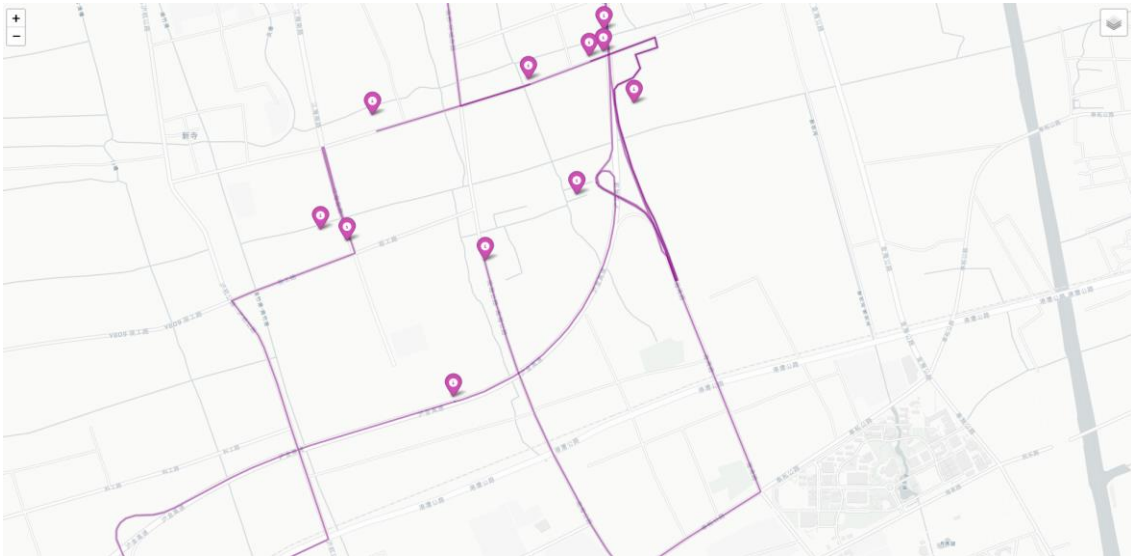
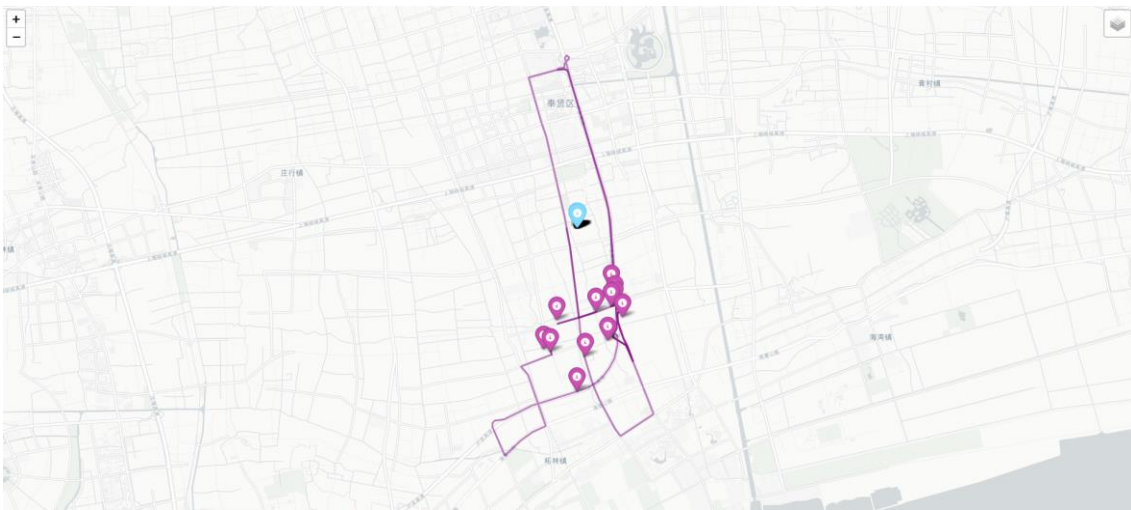


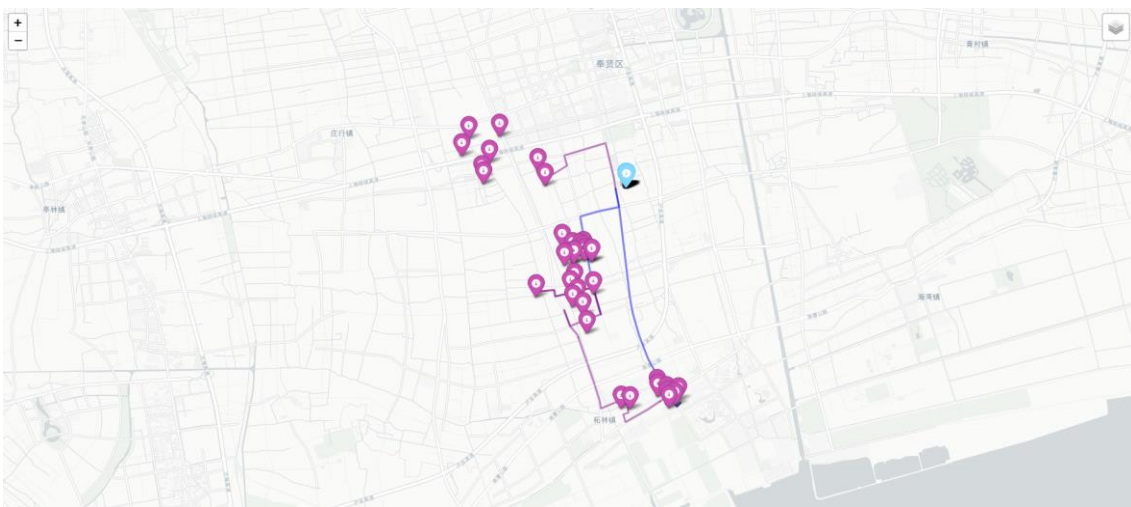
Ilustración 37 - Primera ruta del día de entrega de paquetes y puntos a entregar de la siguiente



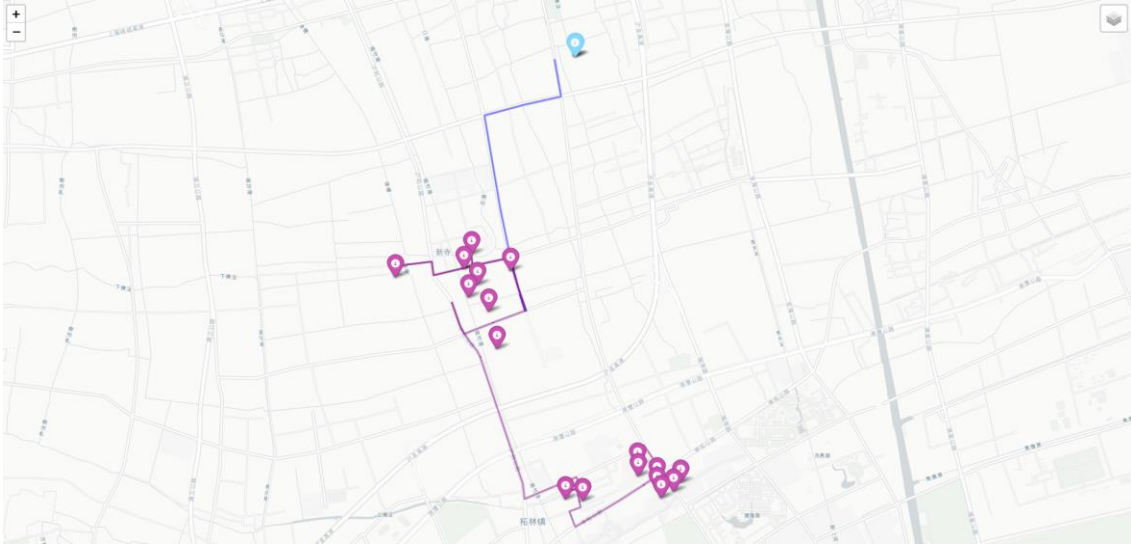
*Ilustración 38 - Vistazo más cercano a las rutas*



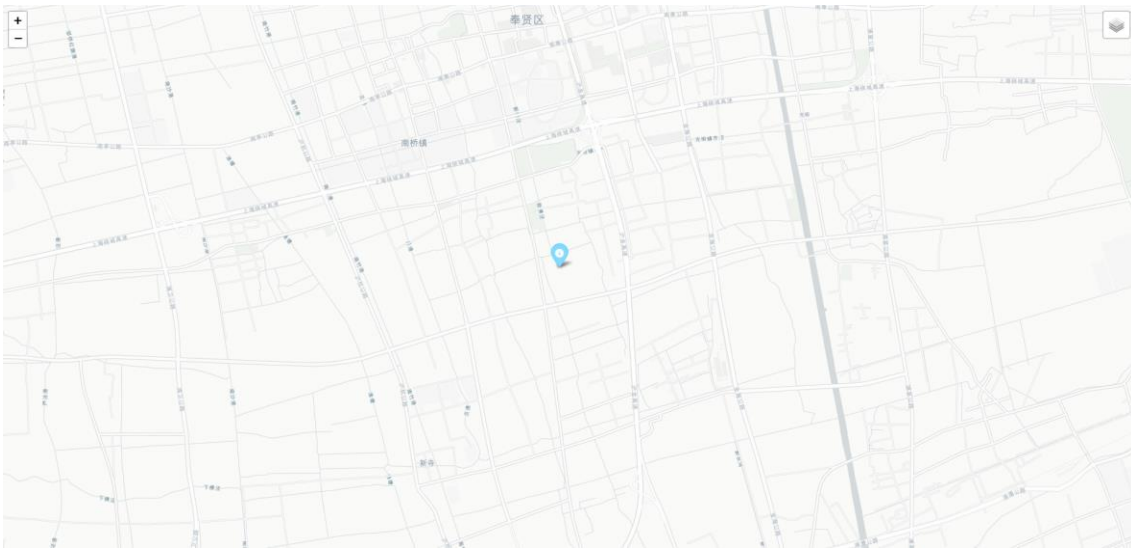
*Ilustración 39 - Primera ruta del primer día completa*



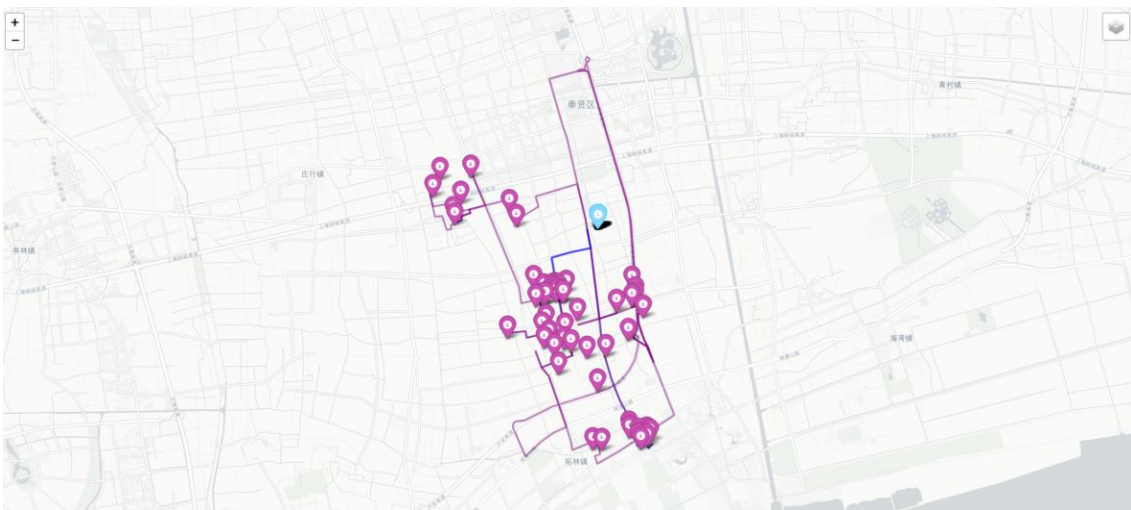
*Ilustración 40 – Segundo día de entrega*



*Ilustración 41 - Primera y segunda ruta del segundo día y puntos a repartir tras recoger paquetes*

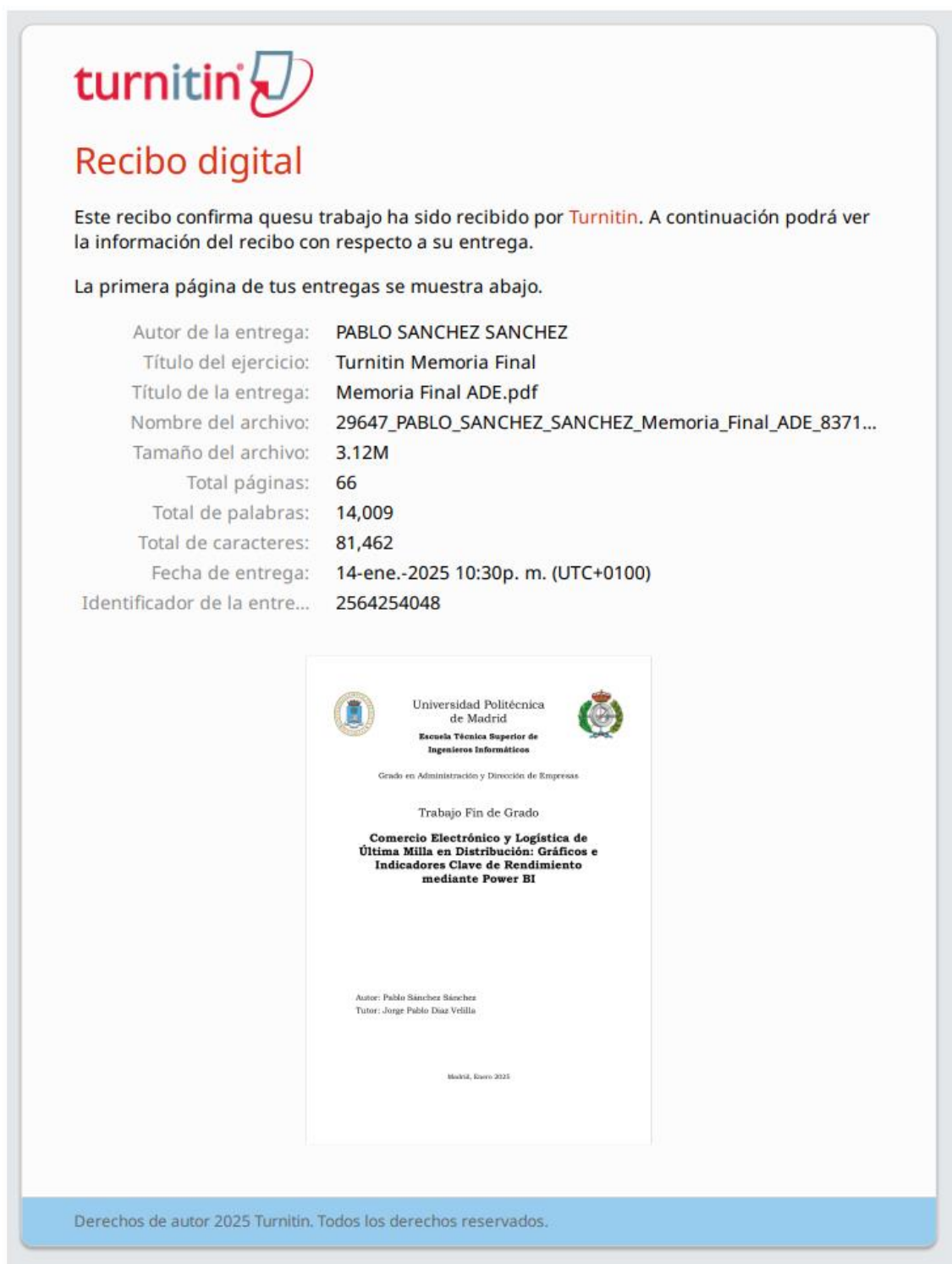


*Ilustración 42 - Almacén*



*Ilustración 43 - Primer día de entregas completo*

## 10.4 Informe de originalidad



The image shows a digital receipt from Turnitin. At the top left is the Turnitin logo. Below it, the title 'Recibo digital' is displayed in red. The main text states: 'Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.' Below this, it says 'La primera página de tus entregas se muestra abajo.' A list of submission details follows, including author name, title, file name, size, page count, word count, character count, submission date, and ID. At the bottom, there is a thumbnail of the first page of the document, which is a title page from the Universidad Politécnica de Madrid, Facultad de Ingeniería, Grado en Administración y Dirección de Empresas. The document title is 'Comercio Electrónico y Logística de Última Milla en Distribución: Gráficos e Indicadores Clave de Rendimiento mediante Power BI'. The author is Pablo Sánchez Sánchez and the tutor is Jorge Pablo Díaz Velilla. The date is Madrid, Enero 2025. At the very bottom of the receipt, there is a blue bar with the text 'Derechos de autor 2025 Turnitin. Todos los derechos reservados.'

**turnitin**

### Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.


Autor de la entrega: PABLO SANCHEZ SANCHEZ  
Título del ejercicio: Turnitin Memoria Final  
Título de la entrega: Memoria Final ADE.pdf  
Nombre del archivo: 29647\_PABLO\_SANCHEZ\_SANCHEZ\_Memoria\_Final\_ADE\_8371...  
Tamaño del archivo: 3.12M  
Total páginas: 66  
Total de palabras: 14,009  
Total de caracteres: 81,462  
Fecha de entrega: 14-ene.-2025 10:30p. m. (UTC+0100)  
Identificador de la entrega... 2564254048

Universidad Politécnica de Madrid  
Escuela Técnica Superior de Ingenieros Informáticos  
Grado en Administración y Dirección de Empresas  
Trabajo Fin de Grado  
**Comercio Electrónico y Logística de Última Milla en Distribución: Gráficos e Indicadores Clave de Rendimiento mediante Power BI**  
Autor: Pablo Sánchez Sánchez  
Tutor: Jorge Pablo Díaz Velilla  
Madrid, Enero 2025

Derechos de autor 2025 Turnitin. Todos los derechos reservados.

*Ilustración 44 - Turnitin*

Este documento esta firmado por



<b>Firmante</b>	CN=tfgm.fi.upm.es, OU=CCFI, O=ETS Ingenieros Informaticos - UPM, C=ES
<b>Fecha/Hora</b>	Tue Jan 14 22:44:41 CET 2025
<b>Emisor del Certificado</b>	EMAILADDRESS=camanager@etsiinf.upm.es, CN=CA ETS Ingenieros Informaticos, O=ETS Ingenieros Informaticos - UPM, C=ES
<b>Numero de Serie</b>	561
<b>Metodo</b>	urn:adobe.com:Adobe.PPKLite:adbe.pkcs7.sha1 (Adobe Signature)