



ICAI

Back-End de la Última Milla Subterránea: Algoritmos y Gestión de Rutas de Reparto

Autor: Iker Diez Lorenzo
Director: Pablo Magliarella

MADRID | 02 de Julio de 2025

Índice de Títulos

Sistema Integral de Taquillas Inteligentes	9
1. Estudio de Viabilidad	10
1.1 Viabilidad comercial	10
1.1.1 Demanda Actual y Potencial	11
1.1.2 Estructura del Mercado Online	12
1.1.3 Competitividad y Dinámica del Mercado	14
1.1.4 Entorno del Comercio Electrónico	18
1.1.5 Análisis de Necesidad y Oportunidad Tecnológica	22
1.2 Fundamentación Operativa del Modelo	23
1.2.1 Público Objetivo	23
1.2.2 Oferta de Valor	24
1.2.3 Entrega de la Oferta de Valor	24
1.2.4 Fuentes de Ingresos	26
1.2.5 Recursos Clave	27
1.2.6 Actividades Principales	28
1.2.7 Partners Clave	28
1.2.8 Estructura de Costes	29
2. Estrategia y Modelo de Negocio	31
2.1 Modelo de Negocio	31
2.2 Modelo Económico-Financiero	31
2.2.1 Resumen Ejecutivo	31
2.2.2 Variables Críticas y Modelización de Escenarios	32
2.2.3 Presentación y Análisis de Resultados Financieros	39
3. Diseño y Desarrollo del Producto Mínimo Viable	41
3.1 Diseño de Bases de Datos Relacionales	41
3.1.1 Diagrama RDB	41
3.1.2 Tablas de la Base de Datos	42
3.2 Máquina de Estados del Flujo Logístico	47
3.2.1 Modelo de la Gestión de Paquetes	47
3.2.2 Modelo de los Estados de Taquillas	49
3.2.3 Modelo de los Estados de Cajones	50
3.3 Lógica de Asignación de Taquillas	52
3.4 Lógica de Asignación de Rutas Subterráneas	55

3.5	Motor de Simulación de Rutas y Transporte.....	57
3.5.1	Simulador de Rutas.....	57
3.5.2	Simulador de Transporte	58
3.6	Medición de los KPIs del MVP.....	59
3.7	Ejemplo Real	60
4.	Objetivos de Desarrollo de Sostenibilidad	64
5.	Bibliografía.....	65
ANEXO I	.....	68
ANEXO II	.....	69
ANEXO III	.....	72
ANEXO IV	.....	75
ANEXO V	.....	78
ANEXO VI	.....	80
ANEXO VII	.....	83

Índice de Tablas

Tabla 1: Jugadores Clave y Flujos de Distribución y Venta	13
Tabla 2: Comparativa Competidores Digitales.....	14
Tabla 3: Poder de Negociación de los Clientes	15
Tabla 4: Poder de Negociación de los Proveedores	15
Tabla 5: Amenaza de Productos Sustitutivos y Nuevos Entrantes.....	16
Tabla 6: Barreras de Entrada al E-Commerce	17
Tabla 7: Impacto de la Innovación Tecnológica	20
Tabla 8: Segmentación de Clientes.....	24
Tabla 9: Canales de Captación para Clientes B2B.....	24
Tabla 10: Canales de Captación para Clientes B2C.....	25
Tabla 11: Canales de Entrega del Servicio	25
Tabla 12: Canales de Fidelización de Clientes	26
Tabla 13: Fuentes de Ingresos	26
Tabla 14: Recursos Financieros.....	27
Tabla 15: Recursos Humanos.....	27
Tabla 16: Recursos Físicos	27
Tabla 17: Recursos Digitales	28
Tabla 18: Costes Asociados al Servicio Vendido	29
Tabla 19: Costes Operacionales.....	30
Tabla 20: Resumen Ejecutivo Financiero.....	32
Tabla 21: Composición de los Ingresos por Fuente Comercial	34
Tabla 22: Evolución Anual de Ingresos por Línea de Negocio y Escenario	35
Tabla 23: Peso Relativo de los Costes en la Generación de Ingresos	35
Tabla 24: Peso Relativo de los Costes de los Servicios Vendidos en los Costes Totales	36
Tabla 25: Peso Relativo de los Costes de Explotación en los Costes Totales	36
Tabla 26: Estrategia de Inversión Inicial y Taquillas Adquiridas por Año.....	37
Tabla 27: Estimaciones de Aportes de Inversores y Apalancamiento Bancario	39
Tabla 28: Tabla de Datos Usuarios.....	42
Tabla 29:Tabla de Datos Zonas	42
Tabla 30: Tabla de Datos Taquillas	43
Tabla 31: Tabla de Datos Cajones	43
Tabla 32: Tabla de Datos Paquetes	45
Tabla 33:Tabla de Datos Reservas	45
Tabla 34: Tabla de Datos Conexiones entre Zonas	45

Tabla 35: Tabla de Datos Distancias entre Zonas.....	46
Tabla 36: Tabla de Datos Log Asignaciones	46
Tabla 37: Tabla de Datos Log Recorridos	46
Tabla 38: Ejemplo Real de Simulación Tabla de Paquetes.....	60
Tabla 39: Cuenta de Resultados del Escenario Pesimista	69
Tabla 40: Cuenta de Resultados del Escenario Realista.....	70
Tabla 41: Cuenta de Resultados del Escenario Pesimista.....	71
Tabla 42: Balance de Cuentas del Escenario Pesimista	72
Tabla 43: Balance de Cuentas del Escenario Realista	73
Tabla 44: Balance de Cuentas del Escenario Optimista.....	74
Tabla 45: Estrategia de Pago de Deuda Escenario Pesimista.....	75
Tabla 46: Estrategia de Pago de Deuda Escenario Realista	76
Tabla 47: Estrategia de Pago de Deuda Escenario Optimista	77
Tabla 48: Leveraged Free Cash Flow Escenario Pesimista	78
Tabla 49:Leveraged Free Cash Flow Escenario Realista.....	79
Tabla 50: Leveraged Free Cash Flow Escenario Optimista	79
Tabla 51: Flujo de Caja Escenario Pesimista	80
Tabla 52: Flujo de Caja Escenario Realista.....	81
Tabla 53: Flujo de Caja Escenario Optimista.....	82
Tabla 54: Diagrama Base de Datos Relacional.....	83

Índice de Figuras

Figura 1: Estructura y Jugadores del Mercado del E-Commerce.....	13
Figura 2: Máquina de Estados de Paquetes	48
Figura 3: Máquina de Estados de Taquillas	50
Figura 4: Máquina de Estados de Cajones.....	51
Figura 5: Grafo Hamiltoniano No Dirigido de Diez Nodos	56
Figura 6: Ejemplo Real Asignación de Taquilla	61
Figura 7: Ejemplo Real Asignación de Rutas.....	61
Figura 8: Ejemplo Real Simulación de Rutas	61
Figura 9: Ejemplo Real Grafo Rutas de Transporte.....	62
Figura 10: Ejemplo Real Coordinador de Transporte	62
Figura 11: Ejemplo Real Eficiencia Sostenibilidad	63
Figura 12: Objetivos de Desarrollo Sostenible (Naciones Unidas, 2025)	64
Figura 13: Business Model Canvas	68

Sistema Integral de Taquillas Inteligentes

El crecimiento acelerado del comercio electrónico, junto con las crecientes restricciones y políticas medioambientales en el ámbito del transporte urbano, está obligando a replantear profundamente los esquemas tradicionales de distribución en la última etapa de entrega (last-mile delivery). Los gobiernos, ciudades, ayuntamientos y organismos de preservación medioambiental demandan modelos de transporte y entrega de última milla más ágiles, responsables con el entorno y alineados con las nuevas expectativas de consumidores que valoran cada vez más facetas del negocio como la rapidez, la sencillez del servicio, la inmediatez y la sostenibilidad.

- En este contexto emergen como solución innovadora las redes automatizadas de taquillas inteligentes conectadas a través de las infraestructuras subterráneas. Esta situación se presenta como una **oportunidad** que permite aliviar la presión sobre la superficie urbana en lo referente al tráfico, contaminación y eficiencia logística, al tiempo que ofrece una alternativa más segura, flexible y descentralizada de recogida y envío de paquetes.
- El **propósito** de esta iniciativa es diseñar un sistema abierto y escalable de puntos de recogida automatizados que puedan ser utilizados por operadores logísticos, empresas de comercio electrónico y usuarios particulares donde se reduzca el transporte terrestre y distribución de paquetería en superficie tras el uso de la red subterránea de transportes como alternativa. A través de esta red se busca mejorar la eficiencia operativa, reducir significativamente los costes asociados al reparto de última milla, sin renunciar al confort del usuario final, y reducir la huella de carbono e impacto medioambiental.
- La **visión** es convertir esta infraestructura en una solución de referencia en Europa, promoviendo una nueva manera de entender la entrega urbana: conectada, abierta y respetuosa con el entorno urbano.
- La **misión** del proyecto se podría determinar como “redefinir la entrega de última milla mediante una red automatizada de taquillas universalmente accesible, eficiente y sostenible que aspira a unir personas y empresas a través de la red de taquillas y su conexión mediante la infraestructura subterránea urbana”.

A modo de conclusión, este sistema propone una nueva forma de entender la logística urbana, integrando la entrega de última milla con el subsuelo para mejorar la experiencia de entrega y recogida de paquetes.

1. Estudio de Viabilidad

Como primer paso es necesario estudiar si existe una oportunidad de negocio real donde operar. En este bloque se realizará un estudio de sobre la viabilidad comercial del proyecto, donde se analizará la oportunidad tecnológica entendiendo la estructura del mercado, la demanda actual y potencial y la dinámica del mercado, y un estudio sobre la viabilidad operacional del proyecto.

La finalidad principal es reunir un conjunto sólido de información que permita evaluar con criterio si tiene sentido desarrollar el proyecto, tanto en términos de oportunidad como de impacto potencial.

1.1 Viabilidad comercial

Para fundamentar la propuesta definida anteriormente (véase “Sistema Integral de Taquillas Inteligentes”), se realizará un análisis del contexto comercial y sectorial vinculado al comercio electrónico, que dará luz a detectar zonas de crecimiento dentro del mercado, examinar el panorama competitivo actual y establecer si existen las condiciones necesarias para convertir la solución planteada en el bloque anterior en una alternativa comercialmente viable.

El objetivo es recopilar información sobre la viabilidad comercial es determinar si el proyecto puede tener éxito real en el mercado. En concreto, permitirá responder a preguntas clave como:

- ¿Existe una demanda suficiente para satisfacer el last-mile delivery a través de una red de taquillas y el uso de la red subterránea?
- ¿Cómo está estructurado el mercado del e-commerce y quiénes son los jugadores clave?
- ¿Qué barreras de entrada, riesgos o amenazas pueden dificultar el desarrollo del proyecto?
- ¿Hay oportunidades estratégicas o tecnológicas que favorezcan la implantación del sistema o por el contrario restricciones legales, políticas o sociales que se impongan?

A continuación, se desarrollan los siguientes puntos para responder a las preguntas.

1.1.1 Demanda Actual y Potencial

A nivel de contextualización es importante tener una imagen macro de la demanda actual y potencial de este mercado y negocio.

En 2025, se estima que las ventas globales del e-commerce superaren casi los 7 billones de dólares, representando cerca del 21% del total del comercio minorista mundial, lo que supone un aumento absoluto de 590.000 millones de USD en tan solo un año (Pérez, 2025). En el caso de España, el mercado del e-commerce ha mostrado una evolución especialmente dinámica, donde las ventas online pasaron de 45 mil millones de euros en 2021 a 70 mil millones en 2024, lo que refleja un crecimiento acumulado del 55% en apenas tres años (Imagine Business, 2024). Este avance ha sido impulsado por factores como el aumento del teletrabajo, la mejora en la experiencia de usuario y la expansión de métodos de pago digitales (Doofinder, 2025).

Actualmente la moda es el sector líder en comercio electrónico en España, con un 72% de los consumidores priorizando sus compras en esta categoría (Statista, 2025), con un crecimiento anual compuesto del 12,2% previsto hasta 2030 (Sotelo, 2025).

En cuanto al potencial del mercado, según un informe de Prologis Research, se prevé que el comercio electrónico represente el 14,7% del total del comercio minorista en España para 2030, frente al 10% actual en Europa continental (Diario del Puerto, 2025). Adicionalmente, las previsiones indican que para el año 2029 el volumen del e-commerce en España podría alcanzar los 52.196 millones de euros, reflejando una clara expansión del sector (Ecommerce News, 2025).

Por tanto, se puede responder a la primera pregunta formulada en la sección anterior que sigue así: ¿existe una demanda suficiente para satisfacer el last-mile delivery a través de una red de taquillas y el uso de la red subterránea? La respuesta es que sí existe una demanda suficiente basada en los datos que se han extraído en esta sección, teniendo una previsión de más de 52 mil millones de euros en 2029.

1.1.2 Estructura del Mercado Online

En esta sección se pretende responder a la segunda pregunta propuesta en la sección “Viabilidad comercial”: ¿cómo está estructurado el mercado del e-commerce y quiénes son los jugadores clave?

Existen hasta seis jugadores grandes en el mercado:

- Los **fabricantes** son la raíz del árbol y su objetivo es producir y distribuir productos de manera masiva aprovechando economías de escala. En el caso de la Figura 1, convierten materias primas en iPhone 15 Pro a través de Foxconn.
- Aquellos que se dedican a comprar grandes lotes a fabricantes, almacenan y reparten stock a minoristas y plataformas B2B se denominan **mayoristas** (ejemplo de Tech Data en la Figura 1).
- La plataforma no digital o digital donde empresas ofrecen productos o servicios a otras empresas se denomina **marketplace B2B** como por ejemplo Alibaba.
- Los **minoristas** por otro lado tienen como objetivo vender al usuario final con márgenes de reventa. En el caso de la Figura 1, MediaMarkt adquiere iPhone 15 Pro de Tech Data o Alibaba por ejemplo y los ofrecen en tiendas físicas, e-commerce propio o marketplaces B2C.
- A diferencia del marketplace B2B, el **marketplace B2C** es una plataforma no digital o digital donde las empresas como MediaMarkt venden directamente a los consumidores finales.
- El **cliente final** es sencillamente aquel consumidor final que adquiere el iPhone para su uso o consumo.

A continuación, se muestra un esquema orgánico del funcionamiento del mercado del e-commerce y los jugadores que intervienen en él (véase Figura 1).

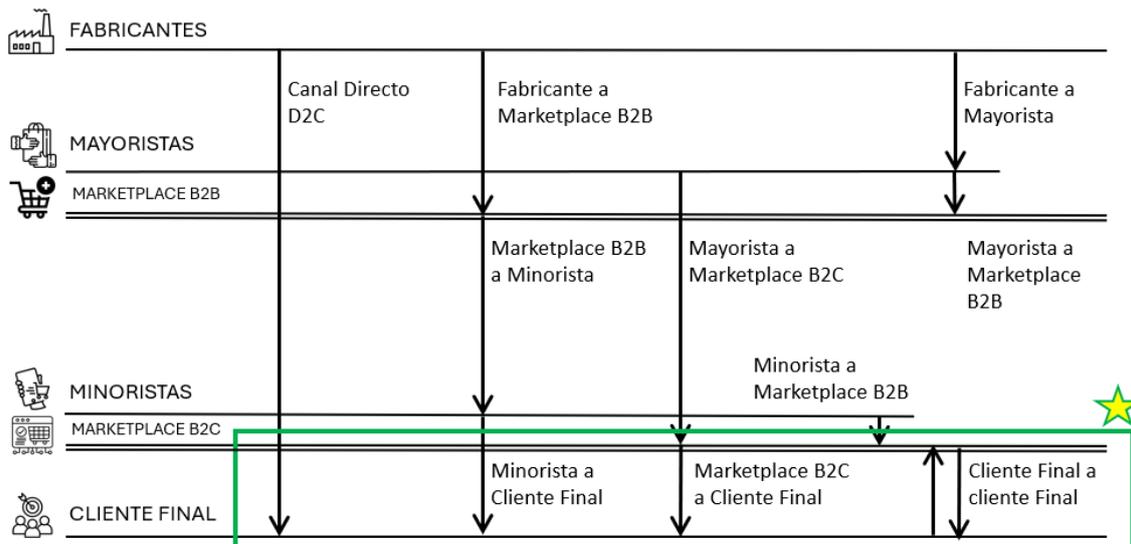


Figura 1: Estructura y Jugadores del Mercado del E-Commerce

A continuación, se muestra el ejemplo de la venta de un iPhone 15 Pro a través de los distintos canales que se reflejan en la Figura 1.

Flujo	Ejemplo
Direct to Customer	Apple vende directamente un iPhone 15 Pro al cliente final.
Fabricante a Marketplace B2B	Foxconn (fabricante de Apple) ofrece lotes de iPhone 15 Pro a distribuidores a través de Alibaba.
Fabricante a Mayorista	Foxconn envía contenedores con iPhone 15 Pro a Tech Data que almacena stocks en sus warehouses europeos.
Mayorista a Marketplace B2B	Tech Data vende paquetes de iPhones 15 Pro a pymes en Alibaba.
Marketplace B2B a Minorista	Una pyme que compra en Alibaba revende unidades a MediaMarkt.
Minorista a Marketplace B2C	MediaMarkt publica sus ofertas de iPhone 15 Pro en Amazon Marketplace bajo su propia marca.
Minorista a Cliente final	El cliente final compra iPhone en la página web de MediaMarkt
Marketplace B2C a Cliente Final	Amazon vende directamente el iPhone 15 Pro a través de repartidores logísticos.
Cliente Final a Cliente Final	El cliente final revende su iPhone 15 Pro en Wallapop y hay otro cliente final que decide comprarlo.

Tabla 1: Jugadores Clave y Flujos de Distribución y Venta

1.1.3 Competitividad y Dinámica del Mercado

Es importante que una vez entendido como funciona el mercado e-commerce y la estructura se ha de analizar la competencia existente, potencial y la dinámica del mercado en el sector. El objetivo fundamental de realizar un estudio sobre las cinco fuerzas de Porter es identificar las oportunidades y amenazas clave dentro del mercado y entender las llaves que abren la posibilidad de rentabilidad del proyecto.

1.1.3.1 Competidores Digitales

Evaluar la intensidad competitiva del sector permitirá entender oportunidades de negocio y propuestas de valor diferenciales e inexistentes entre los competidores actuales. A continuación, se muestra una tabla comparativa de los principales competidores del mercado del e-commerce y más centrado en el last-mile delivery.

Competidor	Propuesta de Valor 1	Propuesta de Valor 2	Propuesta de Valor 3
Correos (Correos, 2025)	Cobertura Nacional	Servicio abierto a operadores externos	
SEUR (SEUR, 2025)	Integración directa con plataformas de e-commerce	Soluciones flexibles	
DHL (DHL, 2025)	Alcance global	Seguimiento en tiempo real	Servicios premium de aduanas y control de temperatura
UPS (UPS, 2025)	Optimización de rutas y logística avanzada	Entrega garantizada	
FedEx (FedEx, 2025)	Envíos urgentes internacionales	Soluciones para envíos de carga pesada	Herramientas de tracking y control
Amazon (Amazon, 2025)	Entregas express	Integración nativa del marketplace con su propia logística	Opciones de entrega por taquillas
InPost (InPost, 2025)	Red de taquillas	Bajo coste	Autonomía total

Tabla 2: Comparativa Competidores Digitales

1.1.3.2 Poder de Negociación de los Clientes

Se va a realizar un desglose de los factores clave que inciden directamente sobre el poder de negociación de los clientes, lo que permitirá evaluar la influencia que estos últimos tienen sobre el mercado del envío de paquetería online.

La siguiente tabla recoge los principales factores que determinan el poder de negociación de los clientes y cómo influyen sobre el mercado.

Factor	Descripción	Influencia
Volumen y Concentración de Compradores	Los consumidores finales compran de manera individual y cantidades muy pequeñas.	Baja
Sensibilidad de Precios	Los clientes B2C prefieren la inmediatez y conveniencia por encima del precio y pueden aceptar significativas diferencias de precio por comodidad.	Baja
Costes de Cambio	Para un particular cambiar la entrega a domicilio o dark store o taquilla no implica costes ni barreras, de modo que su fidelidad es medio baja (Statista, 2024).	Medio

Tabla 3: Poder de Negociación de los Clientes

Como conclusión se obtiene que el consumidor final ejerce un poder bajo de negociación debido al volumen de compra individual y coste de cambio de servicio mínimo.

1.1.3.3 Poder de Negociación de los Proveedores

Factor	Descripción	Influencia
Volumen y Concentración de Compradores	Como se ha visto en la Tabla 1, los grandes mayoristas y marketplaces B2B agrupan millones de productos y envíos y su volumen elevado de compras les otorgan un poder alto en cuanto a tarifas (McKinsey & Company, 2018).	Alto
Sensibilidad de Precios	Los grandes jugadores del e-commerce (véase Tabla 1) si pueden ver grandes variaciones en sus resultados financieros ante una variación de precio de céntimos en su producto (Prologis, 2025). Los clientes B2B no solo se fijan en el precio final, sino en los costes de integración, operatividad, sencillez en la integración etc...	Alto
Costes de Cambio de Proveedor	Por otro lado, realizar un cambio dentro de los grandes jugadores del mercado puede suponer integrar sistemas, rediseñar rutas y migrar infraestructuras digitales, lo que supone costes medios/altos. Se asume parte de la pérdida de calidad en el servicio y se esperan grandes rondas de inversión. Por ejemplo, el cambio entre los fabricantes de taquillas o desarrolladores de software implican altos costes de integración tecnológica.	Alto
Integración de la Cadena de Valor	Empresas como Amazon han desarrollado su propia red de taquillas lo que les otorga poder adicional en la negociación ya que son dueños de la cadena de valor de la distribución del last-mile.	Alto

Tabla 4: Poder de Negociación de los Proveedores

A diferencia del poder de negociación de los clientes visto en la sección anterior, los mayoristas y operadores de los marketplaces concentran el mayor poder de negociación debido al alto volumen que gestionan, la alta sensibilidad a los precios y el poder de la integración inversa en la cadena de valor.

1.1.3.4 Amenaza de Productos Sustitutivos

Dentro de las cinco fuerzas de Porter es necesario analizar los nuevos servicios o productos sustitutivos que pueden dejar ser de alta competencia para el proyecto. A continuación se presenta una tabla con las posibles condiciones que se presentan cuando un nuevo competidor quiere entrar en el mercado del e-commerce.

Producto o Servicio o Modelo	Descripción
Nuevas plataformas de e-commerce que abarcan toda la cadena de valor	Las empresas emergentes pueden integrar toda la cadena de valor (véase Tabla 1) en su modelo de negocio teniendo control y poder entero sobre el flujo.
Nuevas startups de logística con hyper-optimización.	Empresas como Paack ofrecen ratios de entrega superiores al resto de competidores (2 horas) gracias a la hyper-optimización de sus rutas de entrega (Paack, 2025).
Drones y Robots autónomos	El posible uso de drones o robots supone un riesgo directo al mercado tradicional del e-commerce.
Dark Stores	La posibilidad para el cliente B2C final de realizar su recogida en establecimientos del sector HORECA por ejemplo supone un producto sustitutivo a las taquillas.

Tabla 5: Amenaza de Productos Sustitutivos y Nuevos Entrantes

La posibilidad de que empresas tengan toda la cadena de valor integrada o la entrada de opciones disruptivas y revolucionarias como drones o vehículos autónomos intensificará aún más la competencia en el segmento de última milla.

1.1.3.5 Barreras de Entrada

Es importante realizar un estudio final sobre las barreras de entrada, que incluyen factores que dificultan que nuevas empresas ingresen al mercado del comercio electrónico. A continuación, se muestra una descripción de las principales.

Barreras de Entrada	Descripción	Dificultad
CAPEX inicial alto	La compra o alquiler de taquillas o servicio logísticos de transporte, inversión en software y hardware, además de real state requiere de una capacidad financiera elevada.	Alta
Acceso a Infraestructura	Los trámites administrativos y acuerdos con operadores de transporte y ayuntamientos actúan como cuello de botella.	Media
Must en Know-How	Para ser capaz de competir con la competencia existente se ha de poseer un know-how potente sobre el mercado de la última milla y requiere de integraciones con proveedores y funcionamiento del mercado.	Alta
Regulaciones	La necesidad de adquirir licencias y permisos de ayuntamientos para operar supone una tramitación lenta, costosa y laboriosa.	Baja

Tabla 6: Barreras de Entrada al E-Commerce

Por tanto, ya se puede responder a la tercera pregunta de la sección “Viabilidad comercial”: ¿qué barreras de entrada, riesgos o amenazas pueden dificultar el desarrollo del proyecto? En conjunto, las barreras de entrada hacen que el comercio electrónico sea un mercado difícil de entrar si no se poseen fuertes socios con conocimiento del mercado, respaldo financiero e institucional. Por tanto, se presenta como un mercado que favorece a aquellos jugadores que pueden realizar fuertes inversiones y con alianzas previas en el sector.

1.1.4 Entorno del Comercio Electrónico

Una vez se ha desarrollado el análisis de los factores de Porter, se ha de responder a la última pregunta de la sección “Viabilidad comercial”: ¿hay oportunidades estratégicas o tecnológicas que favorezcan la implantación del sistema o por el contrario restricciones legales, políticas o sociales que se impongan?

Para ello se va a llevar a cabo un análisis PESTEL, cuyas siglas corresponden a los factores externos que influyen al proyecto y que por sus iniciales incluyen: factores políticos, económicos, sociales, tecnológicos, ecológicos y legales. Los objetivos principales del análisis son: poder anticipar tendencias y evoluciones del mercado del comercio electrónico para tomar decisiones más informadas, identificar avances tecnológicos que faciliten el desarrollo del proyecto o restricciones que impidan que la propuesta de valor se lleve a cabo, ya sean a nivel de infraestructura, a nivel político, legal o social.

Este análisis permitirá anticipar riesgos, identificar oportunidades, comprender el macroentorno, las necesidades del mercado y alinear todo esto con la propuesta de valor.

1.1.4.1 Marco Político

El mercado del comercio electrónico está envuelto en una nube grande de regulaciones políticas y gubernamentales a nivel nacional y local en España con diversos frentes abiertos en cuanto a ayudas, restricciones e incentivos. A continuación, se verá algunos de ellos.

- Algunas de las **tendencias** con mayor sonido e impacto en el marco político se presentan como la movilización de la Unión Europea por el plan “NextGenEU” (Unión Europea, 2025), y en España por la promoción del “Kit Digital” (Gobierno de España, 2025). Ambos planes tienen como pilar central la recuperación y transformación digital, que incluyen un programa diseñado para impulsar la digitalización en las empresas.
- El punto anterior surge como una **oportunidad** para el financiamiento de las taquillas y el desarrollo software de la automatización.
- Algunas de las principales **restricciones** políticas que afectan al e-commerce son la obtención de permisos municipales y el encaje en ordenanzas de carga/descarga y Zona de Bajas Emisiones (ZBE) que exige negociar con varios ayuntamientos y departamentos urbanísticos. Sin embargo, no suponen una amenaza o restricción final ya que la propuesta de valor se centra en el uso de la infraestructura subterránea existente que no emite emisiones y no necesitan de zonas de carga y descarga terrestre.

1.1.4.2 Economía Digital

En lo relativo a la economía es importante tener en mente si los tipos de interés van a tener un impacto positivo o negativo en la financiación del proyecto en el futuro.

Según las últimas proyecciones del Banco de España, el acceso a financiación podría verse regido por las siguientes casuísticas y variables:

- Los principales bancos centrales mundiales están empezando a reducir el tono restrictivo de su política monetaria, al tiempo que los mercados financieros han revisado significativamente a la baja sus expectativas interés (Banco de España, 2024).
- Los mercados financieros muestran señales de estabilización, con rentabilidades de bonos a largo plazo a la baja y bolsas en niveles altos (Banco de España, 2024). Esto genera un entorno más favorable para la inversión y la financiación Empresarial.
- El PIB español creció un 0,8 % en el segundo trimestre de 2024 (Banco de España, 2024), lo que es clave para mantener la confianza de bancos e inversores.

En conclusión, las señales actuales apuntan a que financiar proyectos de digitalización en los próximos años será algo más fácil en el corto-medio plazo.

1.1.4.3 Tendencias Sociales

Es de suma importancia entender cuál es el hábito de consumo online de la población para posteriormente poder dirigir de manera adecuada una estrategia fiable en cuanto a la adaptación de taquillas para volúmenes de compra, frecuencia, tipo de compra etc...

A continuación, se muestran ciertas estadísticas de relevancia que nos servirán posteriormente para realizar proyecciones financieras fiables.

- El 25 % de los españoles planea gastar más en compras online en 2025, con un gasto medio mensual de 83 € (Doofinder, 2025).
- Las categorías más populares son moda, electrónica y belleza (Doofinder, 2025). Esto nos indica que la paquetería mayoritaria será de tamaños pequeños-medios.
- La comodidad, que representa un 46 %, es el principal motivo para comprar online, seguido por la variedad de productos, 23 %, y la posibilidad de comparar precios, 9 % (Doofinder, 2025). Esto recalca y refuerza las hipótesis iniciales del proyecto sobre preferencias en el hábito de compra de los clientes finales.
- El 68 % de las compras online se realizan desde smartphones, lo que confirma la importancia del canal móvil y el comercio social (compras a través de redes sociales) representa ya el 26,8 % del comercio electrónico global (Pérez, 2025). Esto es

fundamental de entender a la hora de realizar una estrategia de marketing y desarrollo de canales de comunicación a la hora de desarrollar una aplicación web o móvil a desarrollar por el equipo de marketing y el equipo de desarrolladores.

1.1.4.4 Innovación Tecnológica

Más allá de un estudio global sobre la actualidad en la situación tecnológica es importante comprender cuales son los avances tecnológicos que más pueden afectar tanto positiva como negativamente (véase “Amenaza de Productos Sustitutivos”) al desarrollo de las taquillas inteligentes y la red subterránea de transporte.

Impacto Positivo		Impacto Perjudicial	
Tecnología	Descripción	Tecnología	Descripción
IA y Machine Learning	Tecnologías como la inteligencia artificial (IA) y el machine learning permiten predecir la demanda, asignar lockers de forma dinámica y optimizar rutas de reparto subterráneas en tiempo real.	Drones de reparto autónomos	Empresas como Alphabet están invirtiendo en drones para entregas ultrarrápidas sin necesidad de infraestructuras físicas fijas. Puede suponer un sustitutivo claro al uso de taquillas.
IoT	El uso de plataformas Software as a Service e IoT permite conectar taquillas, transportistas y e-commerce en una misma red.	Vehículos autónomos	Startups como Nuro o Starship Technologies están desarrollando robots y furgonetas autónomas que entregan directamente al consumidor
Sostenibilidad Tecnológica	Tecnologías como sensores de consumo energético, sistemas de control de emisiones o plataformas que calculan la huella de carbono, lo que favorece a estar alineados con las restricciones medioambientales (véase “Marco Político”).	Ciberataques	El sector logístico sufre vulnerabilidades y consecuentemente las tecnologías de hoy en día permiten ciberataques.

Tabla 7: Impacto de la Innovación Tecnológica

1.1.4.5 Movimientos en Ecología

La esfera ecológica está muy ligada a la esfera política en cuanto a las restricciones y políticas relacionadas con el cuidado y preservación de la naturaleza. Es importante ir un paso más allá e identificar los factores clave que pueden influir directamente en el proyecto.

- Políticas sobre emisiones del transporte urbano son de suma importancia en este proyecto ya que los datos que se obtengan en relación con la reducción significativa del transporte de paquetería en la última milla será la palanca de apoyo que ayude a impulsar este proyecto adelante y que sea bien apoyado por organismos de influencia, tanto a nivel organizacional como gubernamental. A modo informativo, el transporte por carretera representa más del 80 % de la movilidad en España (MITECO, 2025).
- A nivel de políticas ecológicas, la UE exige una reducción del 90 % de las emisiones del transporte para 2050 (Green Box, 2025).

Por tanto, se puede afirmar y concluir que el proyecto está alineado de primera mano con las políticas y regulaciones medioambientales impuestas. Será necesario posteriormente realizar cálculos sobre la minimización de la huella de carbono.

1.1.4.6 Esfera Legal

Ya se ha hablado de las restricciones a nivel de marco político y ecológico, pero es fundamental entender los aspectos legales clave que se deben tener en cuenta si se opera en el ámbito del e-commerce en España hoy en día.

- Protección de datos personales: al trabajar con datos personales de clientes, tanto empresas como particulares, el proyecto está obligado a cumplir con el Reglamento General de Protección de Datos y la Ley Orgánica de Protección de Datos española. Esto implica informar claramente al usuario sobre el uso de sus datos, obtener su consentimiento explícito y garantizar su derecho a acceder, rectificar o eliminar su información (Diario Oficial UE, 2016).
- La Ley General para la Defensa de los Consumidores y Usuarios establece que el comprador tiene derecho a devolver un producto sin justificación en un plazo de 14 días. Además, el e-commerce debe ofrecer información clara sobre precios, plazos de entrega, condiciones de devolución y garantías (Diario Oficial UE, 2016).

Es de suma importancia haber identificado bien las obligaciones legales a cumplir para futuros estudios de análisis de riesgos y contingencias.

1.1.5 Análisis de Necesidad y Oportunidad Tecnológica

Ya se ha examinado tanto internamente (véase “Competitividad y Dinámica del Mercado”) como externamente (véase “Entorno del Comercio Electrónico”) los factores que rigen e influyen sobre el mercado del e-commerce y se ha respondido a todas las preguntas del apartado “Viabilidad comercial”. Pero para ver si el proyecto es viable comercialmente se ha de responder a una última pregunta: en base a todo lo descrito anteriormente, ¿existe una necesidad real y una oportunidad de negocio de para red universal y abierta de taquillas con conexión subterránea?

Necesidad Tecnológica

- **Descarbonización del reparto urbano:** en respuesta a las necesidades medioambientales de reducción de la huella de carbono, normativas ZBE etc. (véase “Entorno del Comercio Electrónico”), existe la necesidad de una solución vital para reducir el tráfico y flujo de vehículos en la vía pública y a la vez facilitar a los operadores cumplir metas de huella de carbono sin grandes inversiones adicionales.
- **Modelo interoperable frente a redes cerradas:** Amazon Locker o InPost son redes privadas de uso exclusivo o limitado, lo que supone una desventaja para aquellos competidores que no tienen acceso a dicha red (véase “Competidores Digitales”). Por tanto, existe la necesidad de romper la concentración del sector en grandes plataformas cerrada.

Oportunidad

- **La infraestructura base ya existente:** el uso de la red subterránea de transportes nace como respuesta a la descarbonización del reparto urbano. Lo más importante es que ya existen túneles técnicos, canalizaciones y red de metro, especialmente en grandes ciudades como Madrid y Barcelona.
- **La tecnología está madura:** IA, sensores IoT, conectividad 5G y APIs logísticas en tiempo real ya están disponibles para implementar (véase “Innovación Tecnológica”).
- **El marco político y financiero es favorable** (véase “Marco Político” y “Economía Digital”).
- **Demanda creciente de trazabilidad y visibilidad en tiempo real:** el consumidor exige saber dónde está su pedido en cada momento, y requiere de comodidad e inmediatez (véase “Tendencias Sociales”). Esto no solo mejora la experiencia del usuario, sino que también reduce incidencias y costes operativos (Across Logistics, 2025).

Como conclusión, sí existe una necesidad real y cambio en el mercado logístico de última milla y sí existe una oportunidad de negocio al alcance.

1.2 Fundamentación Operativa del Modelo

Una vez analizada la viabilidad comercial del proyecto donde se ha respondido ante una necesidad del mercado con una demanda clara, sostenida y en crecimiento para soluciones logísticas de última milla más eficientes, accesibles y sostenibles, es imprescindible estudiar su viabilidad operativa del proyecto, es decir, cómo se estructura, gestiona y ejecuta la propuesta de valor del proyecto.

Por tanto, esta sección tiene como finalidad definir los pilares que harán posible el funcionamiento real del servicio, desde la generación de ingresos y soporte de costes hasta los recursos y actividades clave necesarias, pasando por los canales, socios clave y recursos necesarios. Para ello, se empleará el marco del Business Model Canvas (BMC) que permitirá posteriormente definir el modelo de negocio a partir de los siguientes insights clave que se saquen:

- Definir bien qué propuesta de valor diferenciada se ofrece y a quién va dirigida.
- Qué alianzas (socios), actividades y recursos clave son necesarios para operar la red de taquillas inteligentes conectadas.
- Qué fuente de costes e ingresos caracterizan a largo plazo del modelo.

1.2.1 Público Objetivo

La pregunta de la cual se debe perseguir respuesta es: ¿a quién se va a presentar servicio? Esta pregunta es importante ya que el cliente final es la pieza clave entorno a la cual gira todo el negocio y en torno al cual se desarrollará la estrategia de negocio. La siguiente tabla recoge el público objetivo.

Cliente	Descripción	Tipo Cliente	Ejemplo
Empresas de logística y transporte	Lo componen operadores logísticos y couriers que se dedican al transporte de paquetería del last-mile	B2B	SEUR, Correos, DHL, FedEx
Grandes Marketplaces y Mayoristas Online	Accederán a la red de taquillas para realizar sus envíos ya sea directamente con la start-up o con los operadores logísticos y después con las taquillas.	B2B	El Corte Inglés, Zalando, Shein
Pymes y negocios del e-commerce	Accederán a la red de taquillas para realizar sus envíos ya sea directamente con la start-up o con	B2B	Zara, Mango, H&M

los operadores logísticos y después con las taquillas.

Particulares	Envíos y recogida de paquetería personal	B2C	Consumidor
--------------	--	-----	------------

Tabla 8: Segmentación de Clientes

1.2.2 Oferta de Valor

Ya se ha hablado de la oferta de valor en varias ocasiones, pero se va a realizar un statement definitivo y claro sobre la propuesta de valor diferencial:

- Red universal y abierta: fomentando la competencia, la igualdad de oportunidad y evitando monopolios logísticos.
- Infraestructura subterránea reutilizada: maximizando eficiencia de espacio, envíos y descarbonización del negocio last-mile con la descarga de tráfico en ciudades.

1.2.3 Entrega de la Oferta de Valor

Para que cada segmento de clientes reciba y use la propuesta de valor, se estructuran los canales en tres categorías: captación, entrega de servicio y fidelización del cliente.

1.2.3.1 Canales de Captación

Para los grandes marketplaces, mayoristas online y empresas de logística y transporte

Tipo de Estrategia	Objetivo	Resultado
Ventas directas y account managers	Buscar leads de alto valor y cerrar acuerdos grandes con alta personalización y atención a grandes cuentas.	Permite una alta atención y personalización del servicio con grandes jugadores del mercado que poseen acuerdos estratégicos y clave.
Email marketing segmentado	Mantener a los leads target en la rueda hasta que conviertan.	Aumentar los ratios de conversión u ratios clicks por lead.
Webinars y whitepapers	Educar al mercado sobre la reducción de costes y creación de valor con nuestra red.	Generar confianza y leads cualificados a raíz de mostrar casos de éxito.
Ferías	Aumentar la visibilidad y trabajar en el networking.	Recoger feedback directo y crear alianzas estratégicas.
Paid Media	Inversión en paid media para generación de leads.	Generar un funnel de captación de leads y crear awareness digital.

Tabla 9: Canales de Captación para Clientes B2B

Para clientes particulares

Tipo de Estrategia	Objetivo	Resultado
Publicidad en Meta y TikTok	Captar usuarios	Elevar la conversión de leads digitales
Integración en apps de movilidad como Google Maps o Waze	Aparecer como punto de recogida visible en el mapa.	Aparecer junto a paradas y rutas habituales facilita la adopción sin que el usuario busque activamente el servicio.
Publicidad en estaciones de Metro/Cercanías	Generar curiosidad y awareness	Convierte el tiempo de espera en el Metro en una oportunidad de conversión.
Sampling en zonas de coworkings o puntos calientes de afluencia	Realizar pruebas y muestras a público objetivo.	Ofrecer un envío gratuito de prueba.

Tabla 10: Canales de Captación para Clientes B2C

1.2.3.2 Entrega del Servicio

Una vez se ha desarrollado los canales de captación de los clientes es necesario ver cómo se va a establecer el sistema de entrega de la propuesta de valor. Los canales definen los caminos a través de los cuales hacemos la oferta

A continuación, se muestran las diferentes formas en las que el usuario final, sea particular o empresa, puede acceder a los beneficios del proyecto.

Tipo de Canal	Objetivo
Onboarding Digital Plataforma Web y App	Referencia de uso de los servicios y opciones de uso. Permitirá a los usuarios reservar, recoger y devolver paquetes accediendo a la red de taquillas. Para los usuarios B2C la mayoría de las compras se hacen desde móvil (véase “Tendencias Sociales”), por tanto, es importante desarrollar una experiencia de usuario en móvil buena, rápida y efectiva. En el caso de clientes B2B será necesario de un panel de control que ofrezca un dashboard con ocupación de taquillas y trazabilidad de rutas.
Acceso Físico por QR / NFC API RESTful	Garantizará una apertura de taquilla con un simple escaneo. Integrar nuestra red en el check-out de tiendas online y sistemas de mensajería en minutos. Conecta operadores logísticos y clientes con la red.
Señalización IoT	La telemetría en tiempo real evita incidencias, reduce visitas de mantenimiento y genera confianza en operativa en el cliente.
Atención al Cliente	Omnicanal para resolver incidencias y servir como soporte.

Tabla 11: Canales de Entrega del Servicio

1.2.3.3 Fidelización del Cliente

Una vez se ha convertido el lead en cliente y se ha dado acceso al servicio, los canales de fidelización establecen los mecanismos para reforzar el vínculo, maximizando el valor extraído del cliente.

Para mantener satisfechos tanto a clientes corporativos como a usuarios finales, se establecen las siguientes estrategias:

Tipo de Canal	Objetivo
Atención al Cliente	Omnicanal 24/7 para resolver incidencias y servir como soporte.
Feedback y Comunidad	Medición continua de satisfacción, uso de foros de la comunidad para compartir casos de éxito y trucos de uso.
Programas de fidelización y recompensa	Códigos para canjear envíos gratuitos, descuentos o similares. Avisos de expiración del cajón, recordatorios de recogida y sugerencias de taquillas alternativas por notificaciones push y SMS
Oferta de Upgrade del Servicio	Acceso a reducciones de precios por volúmenes de uso y envío de paquetes.
Venta de Servicios Adicionales	Acceso a baterías portátiles, paraguas o refrigerios conectados físicamente a las taquillas.

Tabla 12: Canales de Fidelización de Clientes

1.2.4 Fuentes de Ingresos

Una vez establecido la oferta de valor, se tiene claro a quien se va a entregar y a través de qué canales entonces hay que ver cómo se extrae valor de los clientes ahora.

Fuente de Ingreso	Descripción	Tipo Cliente
Tarifa por uso de taquilla	Cobro de un importe fijo por cada recogida o devolución realizada por un particular	B2C
Publicidad y patrocinios en taquillas	Espacios físicos y digitales dentro de las taquillas para mostrar publicidad de marcas de clientes	B2B
Venta de Datos y Analítica Avanzada	Acceso a paneles de control avanzados y reportes de comportamiento de envíos, tendencias de demanda y optimización de rutas.	B2B
Suscripciones y tarifas de acceso	Planes mensuales o anuales para marketplaces, operadores logísticos y PYMES	B2B

Tabla 13: Fuentes de Ingresos

1.2.5 Recursos Clave

Esta sección del Business Model Canvas trabaja en los activos tangibles e intangibles que se necesitan para poder operar a todos los niveles y entregar la oferta de valor a los clientes.

Financieros	Descripción
Equity	Inversión inicial de los accionistas para soportar pérdidas y financiar la operatividad del proyecto.
Deuda	Inversión destinada a la adquisición de taquillas.
Colchón de Efectivo financiero	Para cubrir falta de ingresos, gastos, impago de intereses y demás en caso de emergencia.

Tabla 14: Recursos Financieros

Humanos	Descripción
Equipo directivo	Definirán la estrategia, negocian acuerdos con administraciones e inversores
Desarrolladores de Software	Construirán la plataforma y mantendrán la API RESTful.
Equipo de Ciberseguridad	Garantizarán la protección de datos y al Sistema de ciberataques.
Analistas de Datos	Diseñarán modelos de IA y extraen insights para el cliente
Atención al Cliente	Atenderán incidencias y problemas.
Equipo de Marketing	Se encargarán de las campañas y gestión de la inversión en publicidad.
Equipo de CRO y Tráfico	Se centrarán en la optimización de los canales de marketing y optimización del ratio de conversión
Equipo de mantenimiento de las taquillas	Instalarán y mantendrán de las taquillas en servicio.

Tabla 15: Recursos Humanos

Físicos	Descripción
Taquillas inteligentes	Son el punto central del proyecto
Hardware IoT	Proporcionarán telemetría en tiempo real y seguridad de las taquillas.
Oficinas	Representa el centro de operaciones.
Acceso a red subterránea	La red subterránea de Metro representa un activo vital para la propuesta de valor.

Tabla 16: Recursos Físicos

Digitales	Descripción
Plataforma Web y App móvil	Es la interfaz de usuario para entregar la propuesta de valor.
API RESTful	Conectará con los operadores logísticos y pymes.
Analítica orgánica e IA	Incluirá módulos de machine learning para predicción de demanda, optimización de rutas y precios dinámicos.

Sistemas de pago y facturación	APIs con sistemas de pago seguros.
Servidores Cloud	Se necesitará de servidores, bases de datos, balanceadores, firewalls etc. que corran en alguna nube como AWS o Azure.

Tabla 17: Recursos Digitales

1.2.6 Actividades Principales

La pregunta a la que se debe responder en esta sección es: ¿qué actividades clave son las que harán que el modelo de negocio funcione adecuadamente?

Ya se han hablado mucho de ellas en los anteriores bloques del Business Model Canvas, pero se van a listar en esta sección de forma clara y concisa:

- Construir y mantener la plataforma web, móvil y API RESTful.
- Desarrollar el motor de analítica e IA.
- Mantener la conectividad IoT, sensores y alimentación eléctrica.
- Coordinar el montaje de casilleros en estaciones y puntos estratégicos.
- Planificar y programar recorridos de transporte en túneles.
- Planificar y programar la gestión de paquetes y monitorizar flujos en tiempo real, reubicar paquetes y resolver cuellos de botella.
- Desarrollar onboarding digitales.
- Establecer estrategias de campañas de marketing, inversión en publicidad y gestionar los leads.
- Atención omnicanal de incidencias 24/7.
- Extraer KPIs de uso, tasas de ocupación y fidelización.
- Gestiones de alianzas y permisos con clientes y socios clave.

1.2.7 Partners Clave

Es necesario y fundamental identificar quienes son los socios clave que hacen viable y escalable el proyecto:

- Inversores privados, bancos, venture capital o fondos de capital riesgo: necesario para sostener financieramente el proyecto y aportar inversión.
- Socios comerciales y de marketing como TikTok, Meta, Google Ads etc. además de organizadores de eventos donde publicitar en ferias.
- Plataformas cloud como AWS, Microsoft Azure o Google Cloud.

- Proveedores de Hardware e IoT como KEBA y proveedores de conectividad 5G como Vodafone o Telefónica.
- Proveedores de taquillas como Kuik.
- Operadores de la red subterránea de metro como Metro de Madrid y Renfe Cercanías.
- Ayuntamientos y Gestores Urbanos en lo referente a permisos de ocupación de las taquillas.

1.2.8 Estructura de Costes

La estructura de costes es una parte fundamental ligada a las proyecciones financieras del proyecto y que, junto a los ingresos, constituyen la eficiencia operativa del proyecto. Se organiza en dos grandes bloques: en primer lugar, los costes directamente vinculados al uso de las taquillas y en segundo lugar los costes operativos generales que permiten el funcionamiento continuo y escalable del servicio de taquillas.

Costes por el uso de taquillas

Costes asociados al servicio	Descripción
Consumo energético por taquilla operativa	Todos los costes asociados a la electricidad suministrado a la taquilla para su correcto funcionamiento (pantalla, apertura y cerradura de los cajones, recarga de sensores IoT y módems 5G.
Conectividad y 5G por taquilla operativa	Pago por suscripción de tarifas móvil para 5G, SIM para los IoT y demás relacionado.
Comisiones de transacción digital por pagos	Existirá una comisión por el uso de cada transacción de pago por el uso de sistemas seguros de pago externos.
Canon a Metro Madrid y administraciones públicas	Habrán naturalmente un coste asociado a la concesión de espacio en estaciones de metro si se da el caso o vía pública.
Mantenimiento periódico y programado por uso de taquillas	Surge como consecuencia del uso, deterioro y depreciación de las taquillas, que necesitan de soporte mecánico y electrónico para su correcto funcionamiento. Consta de revisiones, sustituciones de piezas etc.

Tabla 18: Costes Asociados al Servicio Vendido

Costes operacionales

Costes asociados al servicio	Descripción
Sueldos de personal	Incluyen los salarios del equipo directivo, de desarrollo, de soporte, de operaciones, comercial y legal.
Costes preventivos sobre riesgos	Costes de anticipación a riesgos legales (multas o sanciones), operacionales (fallos en logística, averías, retrasos etc.), comerciales (bajos ingresos o mercado no responde) o financieros (falta de liquidez, inversión o coste de inversión alto).
Infraestructura cloud y software	Suscripciones a servidores cloud (AWS, Google Cloud), bases de datos, sistemas de monitorización, licencias API.
Gastos de marketing y adquisición	Inversión en paid media, SEO, contenido, materiales físicos en taquillas, y campañas de fidelización.
Gastos por seguros, gastos legales y gestión	Asesoría jurídica, protección de datos (RGPD), seguros operativos y licencias urbanas.
Alquiler de oficinas	Alquiler de espacios para el centros de control y operación, oficinas de atención al cliente y almacén de repuestos.

Tabla 19: Costes Operacionales

2. Estrategia y Modelo de Negocio

Tras analizar la viabilidad comercial y operativa del proyecto, en esta sección se define cómo se estructura el modelo de negocio basado en todo el estudio realizado en las secciones previas. Para ello, se recurre a dos herramientas clave: el Business Model Canvas y el modelo económico-financiero proyectado, que traduce esta estrategia operativa en cifras: ingresos esperados, costes operativos, necesidades de inversión, flujos de caja y retornos estimados.

El objetivo es definir bien la estructura del negocio y evaluar la viabilidad económica real del negocio bajo distintos escenarios (pesimista, realista y optimista), alineando la proyección financiera con la estrategia definida y el estudio de viabilidad comercial y operativa previa.

2.1 Modelo de Negocio

El Business Model Canvas nos permite visualizar, de forma estructurada y sintética, los principales componentes del proyecto: segmentos de clientes, propuesta de valor, canales, relaciones, fuentes de ingresos, recursos clave, actividades clave, socios estratégicos y estructura de costes (IEBS, 2025).

Esta parte del análisis de las distintas partes del Business Model Canvas se ha desarrollado en la sección “Fundamentación Operativa del Modelo” y se ha basado en el descubrimiento y análisis previo del entorno que rodea al mercado del comercio electrónico (véase “Entorno del Comercio Electrónico”) y el estudio de los actores y fuerzas que rigen el mercado internamente (véase “Competitividad y Dinámica del Mercado”).

El Business Model Canvas completo se presenta en el ANEXO I.

2.2 Modelo Económico-Financiero

2.2.1 Resumen Ejecutivo

Este apartado ofrece una visión global del comportamiento económico esperado del proyecto, apoyándose en tres escenarios posibles: uno conservador, otro intermedio y un tercero más favorable. A partir de estas proyecciones se han analizado las principales métricas financieras — como flujos de caja, retorno de inversión o márgenes operativos— con el fin de comprobar la viabilidad económica del modelo propuesto a medio y largo plazo.

A continuación, se muestran los indicadores de rendimiento y rentabilidad del proyecto según los distintos escenarios que se han desarrollado.

KPIs de Rendimiento	Pesimista	Realista	Optimista
TIR	12%	30%	38%
MOIC	1.43x	2.38x	2.98x
Payback Period	11,9	8,4	7,2
Valor Neto Actual	11,209	937,911	1,541,036
EBITDA Salida	638,669	789,360	950,400
EBITDA Multiple	4.5	5	5.5
Valor Empresarial Final	2,874,010	3,946,800	5,227,200
Deuda Neta Final	116,515	72,146	139,726
Valor Capital Final	2,757,495	3,874,654	5,087,474

Tabla 20: Resumen Ejecutivo Financiero

El análisis financiero demuestra una evolución sólida del proyecto en todos los escenarios simulados. Aunque los retornos por flujos operativos puros requieren varios años para cubrir la inversión inicial (entre 7 y casi 12 años según el caso), a partir del tercer o cuarto ejercicio la operativa comienza a generar caja positiva y beneficios sostenidos, lo que consolida su madurez económica.

Cuando se contempla una salida estratégica en el año 5, ya sea por venta, valoración o capitalización del valor terminal, la rentabilidad se acelera significativamente, alcanzando tasas internas de retorno superiores al 30 % en los escenarios más favorables. Esta opción se convierte en una vía especialmente atractiva para inversores orientados a plazos de 5–7 años.

Adicionalmente, todos los modelos muestran una progresiva reducción del endeudamiento, reflejo de una política financiera equilibrada y de una operativa diseñada para ser sostenible.

En conjunto, se confirma que el proyecto no solo es rentable, sino también escalable y financieramente sostenible bajo una hoja de ruta bien ejecutada.

2.2.2 Variables Críticas y Modelización de Escenarios

Para poder proyectar adecuadamente el comportamiento económico del proyecto, es fundamental definir las hipótesis en las que se apoya el modelo financiero. En este apartado se presentan las principales variables que condicionan la evolución de ingresos, costes y rentabilidad.

Modelización de los Ingresos

Los ingresos estimados en cada uno de los tres escenarios se han construido a partir de las líneas de negocio descritas en el apartado “Fuentes de Ingresos”. Estas comprenden la comercialización de espacios publicitarios, la monetización de datos y servicios analíticos, así como la facturación

generada por el servicio principal de transporte y distribución de paquetería. A continuación, se muestran varias hipótesis para la modelización de los ingresos.

- La estimación de volumen de paquetes para el primer ejercicio parte de un escenario de arranque progresivo, basado en pruebas piloto ya realizadas por operadores logísticos como GLS y en los estudios de viabilidad desarrollados por Metro de Madrid (Metro Madrid, 2024). En esas pruebas, se han llegado a mover entre 800 y 1.200 paquetes al día. A partir de esa base realista, se proyecta que la operativa se iniciará con una media de 2.740 paquetes diarios durante el primer trimestre. Esta cifra se duplicará cada trimestre, alcanzando así el objetivo de un millón de paquetes gestionados en el primer año. Esta progresión escalonada permite modelar el crecimiento del servicio de forma coherente con las fases de despliegue y adopción esperadas.
- El precio medio por paquete se ha estimado en base a la búsqueda orgánica de costes en envío en varias plataformas de logística y e-commerce expuestas en la sección “Competidores Digitales” de este documento, que resulta en cuatro euros de media por paquete.

A continuación, se detalla la distribución porcentual de los ingresos según cada una de las tres fuentes principales descritas previamente (véase “Fuentes de Ingresos”), proyectadas bajo los distintos escenarios: A (pesimista), B (realista) y C (optimista).

A medida que el modelo se consolida y diversifica, el peso relativo del servicio de envío de paquetería tiende a disminuir. Esto se debe a que, en los escenarios más favorables, aumenta la capacidad de captación de clientes y se potencian líneas complementarias como la monetización de datos o la venta de espacios promocionales. Por tanto, en el escenario optimista, se proyecta una mayor aportación relativa de estas fuentes alternativas, lo que indica una evolución hacia un modelo más diversificado y con múltiples palancas de ingreso.

Año	Ingresos por Publicidad			Ingresos por Analítica			Ingresos por envíos			Justificación
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	100%	La paquetería impulsa la adopción inicial y genera tracción operativa
2	4%	5%	1%	0%	0%	5%	96%	95%	94%	Primeros acuerdos publicitarios y validación comercial de los datos recopilados

3	5%	7%	6%	3%	3%	6%	92%	90%	88%	Aumento de notoriedad gracias a informes logísticos y casos de uso reales
4	8%	10%	8%	4%	5%	7%	88%	85%	85%	Evolución hacia servicios analíticos más sofisticados con valor estratégico
5	9%	12%	12%	7%	8%	8%	84%	80%	80%	La venta de datos se convierte en pilar escalable y demandado del modelo.

Tabla 21: Composición de los Ingresos por Fuente Comercial

Con el objetivo de reflejar la evolución esperada del negocio, se incluye a continuación una tabla resumen con la proyección del crecimiento anual de ingresos. Esta estimación tiene en cuenta tanto el ritmo de adopción del servicio como la madurez progresiva de cada fuente de ingresos. La Tabla 22 incorpora los incrementos estimados por año y escenario, acompañados de su correspondiente justificación, permitiendo así comprender el razonamiento detrás de cada cifra proyectada.

Año	Incremento de ingresos			Justificación
	Pesimista	Realista	Optimista	
2	80%	100%	100%	Se adquieren los primeros clientes estratégicos para realizar pruebas controladas del servicio. Los ingresos iniciales son bajos, pero el crecimiento relativo es alto por el efecto base. El foco está en demostrar tracción, validar la propuesta de valor y sentar las bases del modelo.
3	40%	20%	25%	Se perfeccionan los procesos operativos, optimizando costes y capacidades logísticas. Comienzan los primeros acuerdos publicitarios y se testean usos comerciales de los datos. Esto permite diversificar fuentes de ingreso y consolidar una base de clientes recurrente.
4	20%	15%	20%	El aumento de notoriedad impulsa nuevas oportunidades de colaboración y mayor demanda. Se amplía el catálogo de servicios con productos analíticos más complejos y personalizables. El modelo empieza a destacar por su valor añadido más allá del reparto de paquetería.
5	10%	10%	10%	La red se expande aprovechando la infraestructura existente, sin necesidad de grandes inversiones. La venta de datos y servicios analíticos se vuelve crítica y altamente valorada por los clientes. Se

alcanza una estructura sólida, con múltiples vías de ingreso y un modelo sostenible a largo plazo.

Tabla 22: Evolución Anual de Ingresos por Línea de Negocio y Escenario

Optimización de Recursos y Sostenibilidad del Gasto

La eficiencia operativa es clave para garantizar un modelo de negocio escalable y rentable a largo plazo. La estructura de costes de muestra en la sección “Estructura de Costes” y se han realizado hipótesis sobre el peso relativo de los costes totales sobre la generación de ingresos y después hipótesis sobre los costes operacionales y relacionados con los servicios prestados.

Año	Peso relativo de los Costes Totales sobre Ingresos			Justificación
	Pesimista	Realista	Optimista	
1	114%	110%	107%	En las primeras fases, el modelo presenta una elevada carga de costes fijos y aún no alcanza economías de escala, lo que impacta en los márgenes operativos.
2	108%	105%	102%	A medida que crece la red y se incrementa el volumen de operaciones, los costes comienzan a estabilizarse, acercándose progresivamente a una estructura más eficiente..
3	100%	100%	100%	El proyecto alcanza su punto de equilibrio una vez que los ingresos recurrentes cubren los costes fijos y operativos.
4	97%	96%	98%	La mejora continua en los procesos permite optimizar la eficiencia operativa, reduciendo gastos innecesarios y aumentando la rentabilidad.
5	94%	94%	94%	El crecimiento sostenido en ingresos contribuye a diluir el peso relativo de los costes fijos, fortaleciendo la salud financiera del modelo.

Tabla 23: Peso Relativo de los Costes en la Generación de Ingresos

Año	Peso relativo de los COGS sobre Ingresos			Justificación
	Pesimista	Realista	Optimista	
1	83%	80%	75%	Estos costes corresponden a una fracción constante vinculada directamente al volumen de ingresos

2	83%	80%	75%	por ventas, manteniéndose como un porcentaje estable dentro del conjunto total de costes durante toda la vida del proyecto. Esto se debe a que se ha asumido que los costes directos ligados a la actividad comercial no presentan variaciones significativas a lo largo del tiempo, en parte gracias a la estabilidad de los precios de adquisición en el entorno B2B, respaldada por contratos de suministro a medio y largo plazo.
3	83%	80%	75%	
4	83%	80%	75%	
5	83%	80%	75%	

Tabla 24: Peso Relativo de los Costes de los Servicios Vendidos en los Costes Totales

Año	Peso relativo de los Costes de Explotación sobre Ingresos			Justificación
	Pesimista	Realista	Optimista	
1	83%	80%	75%	Se mantiene una participación fija dentro del total de costes del proyecto, bajo el supuesto de que los gastos directos derivados de la actividad comercial no varían significativamente con el tiempo. Esta estabilidad se justifica por la naturaleza más predecible del entorno B2B, donde los precios de adquisición tienden a mantenerse estables gracias a acuerdos contractuales de medio y largo plazo con proveedores.
2	83%	80%	75%	
3	83%	80%	75%	
4	83%	80%	75%	
5	83%	80%	75%	

Tabla 25: Peso Relativo de los Costes de Explotación en los Costes Totales

Fondo Estratégico para Imprevistos Financieros

Dado que el proyecto parte desde cero, es esencial prever un colchón de efectivo que permita afrontar situaciones imprevistas y garantizar la liquidez operativa.

Este colchón está diseñado para cubrir, al menos, una semana de obligaciones financieras desde el inicio de cada mes, evitando tensiones de tesorería o riesgo de impago.

El cálculo para estimar el colchón financiero considera:

- El conjunto de costes operativos
- Ingresos comprometidos

- Pagos de intereses
- Pagos de amortizaciones a corto plazo.

Con esta estrategia se asegura una base financiera sólida para absorber desajustes en cobros o desfases temporales en los flujos de caja.

Estrategia de Inversión Inicial y Ciclo de Amortización

- La inversión principal del proyecto está centrada en la adquisición de taquillas inteligentes, cuya depreciación se ha fijado en un periodo de 10 años. Esta duración se considera razonable tras analizar equipamientos comparables del sector logístico, como buzones electrónicos o máquinas expendedoras, cuya vida útil suele oscilar entre 7 y 15 años. Además, se prevé un mantenimiento regular que garantice su operatividad sin deterioro relevante durante dicho periodo.
- Para calcular la inversión necesaria en taquillas, se ha utilizado como base el volumen diario estimado de paquetes a gestionar, la capacidad media de carga de cada unidad y un factor de ocupación del 50 %, en línea con las fluctuaciones reales observadas por competidores del sector (como Inpost o Amazon Locker). Cada taquilla se asume con una capacidad de 60 compartimentos y un coste unitario de 5.000 €, valor considerado estable durante los primeros cinco años del proyecto según estudios de proveedores.

Año	Inversión Total en Activos | Taquillas adquiridas por año					
	Pesimista		Realista		Optimista	
1	365.297€	73	456.621€	91	547.945€	110
2	265.936€	53	410.959€	82	482.192€	96
3	215.671€	43	118.721€	24	175.342€	35
4	125.195€	25	84.932€	17	191.781€	38
5	48.605€	10	37.808€	8	49.315€	10

Tabla 26: Estrategia de Inversión Inicial y Taquillas Adquiridas por Año

Aportes de Inversores y Apalancamiento Bancario

La financiación del proyecto combina deuda y capital.

- La deuda se destinará exclusivamente a la compra anual de taquillas (véase “Presentación y Análisis de Resultados Financieros”). Se estima un interés del 9 % por préstamo, dado el riesgo asociado a startups. La devolución del principal se realiza en 4 años de forma proporcional.

- El capital cubrirá las necesidades de circulante y posibles pérdidas operativas. Para calcular el coste de capital se necesita: el retorno que se puede obtener de una inversión completamente segura, como los bonos soberanos a 10 años, rentabilidad media del mercado, como el IBEX 35 y el nivel de exposición al riesgo de una empresa respecto al mercado del comercio electrónico en general.

A continuación, se resumen las variables principales para el cálculo del coste promedio de financiación y la justificación de las hipótesis que se han realizado.

Sigla	Variable	Valor por escenario			Fuente
		A	B	C	
E/(E+D)	% Capital Social	56%	49%	26%	Calculado
D/(E+D)	% Deuda	44%	51%	74%	Calculado
T	Tasa impositiva	15%			Estimación basada en la normativa fiscal vigente para startups en España en 2025.
r_d	Intereses de deuda	9%			Cálculo fundamentado en un análisis comparativo de condiciones de financiación ofrecidas por entidades de Venture Capital y bancos nacionales.
R_f	Tasa libre de riesgo	3,24%			Obtenido del rendimiento del bono español a 10 años (Expansión, 2025).
β	Riesgo de la empresa respecto al mercado	1			Según varias fuentes contrastadas, ronda valores de la magnitud de 1 (Investing.pro, 2025).
R_m	Rentabilidad esperada del mercado	14%			n el ejercicio 2025, la bolsa española ha registrado una rentabilidad media del 14 %, según datos publicados por el diario Expansión (Expansión, 2025).
r_e	Coste de Capital social	14%			Calculado
WACC	Costo Promedio Ponderado de Capital	11,4%	11,2%	10,9%	Calculado
Múltiplo Salida EBITDA	Múltiplo de Salida EBITDA	4,5	5	5,5	Los múltiplos de valoración del sector logístico presentan variaciones significativas entre países europeos. En mercados como Reino Unido e Irlanda, el múltiplo medio se sitúa en torno a 3,5, mientras que en Alemania y Suiza alcanza valores de aproximadamente 4,5 (Reinders, 2024).

g	Tasa de crecimiento a largo plazo	0,5%	0,75%	1%	Calculado
---	-----------------------------------	------	-------	----	-----------

Tabla 27: Estimaciones de Aportes de Inversores y Apalancamiento Bancario

2.2.3 Presentación y Análisis de Resultados Financieros

El objetivo de esta sección es evaluar la viabilidad económica y rentabilidad del proyecto a través de proyecciones a cinco años, analizando tres escenarios, enfocados en la cuenta de resultados, estrategia de deuda y balance general.

- Las Cuentas de Resultados ANEXO II
- Los Balances de Cuentas ANEXO III
- Estrategia Préstamos de Deuda ANEXO IV
- La evolución del Leverage Free Cash Flow ANEXO V
- La evolución del Efectivo se muestra en el ANEXO VI

Escenario Pesimista

- Muestra márgenes de maniobra bajos, con un margen de beneficio que alcanza solo un 6 % al año 5.
- La diversificación de ingresos (hasta un 16 % provenientes de datos y publicidad) ayuda a compensar los altos costes de servicios vendidos.
- A pesar del contexto, el ROE es del 32 % y el ROA del 16 %, reflejando eficiencia sobre el capital comprometido.
- Efectivo final en el año 5: 396.033 €, equivalente al 29 % del total del activo, lo que permite cierta holgura financiera.
- El patrimonio neto representa el 69 % del total del pasivo y patrimonio.

Escenario Realista

- Los Ingresos mensuales superan el millón de euros, con un crecimiento interanual medio del 32 %, con un mayor peso de ingresos por publicidad y datos, reduciendo dependencia de la paquetería.
- Muestra una estructura financiera equilibrada: 60 % equity vs. 40 % deuda.
- El 95 % del capital circulante es caja, equivalente a una semana de operaciones, lo que muestra una liquidez sólida.

Escenario Optimista

- Se alcanzan los ingresos del escenario realista un año antes, con tasas de crecimiento superiores al 35 % y un beneficio neto del año 5 de 666.070 €, el más alto de los tres escenarios.
- El efectivo final superior a 550.000 €, asegurando un colchón operativo muy amplio.
- La estructura patrimonial robusta para afrontar expansión sin tensión financiera.

3. Diseño y Desarrollo del Producto Mínimo Viable

El desarrollo de un Producto Mínimo Viable (MVP) es clave para validar rápidamente los pilares funcionales y operativos del modelo de negocio que se han desarrollado en apartados anteriores. En este proyecto, el MVP se centrará en la construcción de una solución tecnológica capaz de demostrar la viabilidad técnica y eficiencia logística del sistema de taquillas inteligentes.

Esta primera versión incluirá el diseño de una base de datos robusta, la lógica de asignación de taquillas en función de la demanda y ubicación, la optimización de rutas de distribución y un algoritmo de balanceo de carga por zonas geográficas.

3.1 Diseño de Bases de Datos Relacionales

En primer lugar, es necesario realizar una estructura clara y bien ejecutada a través de la cual se pueda gestionar eficientemente la información relacionada con los clientes, las taquillas, los paquetes, las zonas geográficas y las conexiones entre ellas.

Para la organización y estructura de los datos se ha elegido un modelo relacional, que ordena los datos en tablas, también conocidas como relaciones, cada una de las cuales se compone de columnas y filas. (Lucidchart, 2025). Este enfoque permite no solo almacenar datos de manera coherente, sino también facilitar futuras consultas complejas y la visualización de la red de zonas como un grafo navegable.

3.1.1 Diagrama RDB

El objetivo de esta sección es facilitar el diseño, comprensión y mantenimiento de la base de datos relacional con las tablas que se han presentado en la sección anterior (véase “Tablas”).

Para ello se ha desarrollado un diagrama RDB (Relational Database Diagram), que es una representación visual de las tablas de la base de datos y las relaciones entre ellas. Este tipo de diagrama muestra (El ANEXO VII contiene el diagrama de la RDB):

- Las entidades (tablas)
- Sus atributos (columnas)
- Las claves primarias y foráneas: una clave primaria es un atributo (o conjunto de atributos) que identifica de forma única cada fila en una tabla y no se puede repetir, mientras que una foránea es un campo (o grupo de campos) que apunta a la clave primaria de otra tabla y se utiliza para crear relaciones entre tablas.
- Las relaciones entre tablas.

3.1.2 Tablas de la Base de Datos

Esta sección recoge de primera mano las tablas principales que se han usado en el MVP de este proyecto, dando una imagen clara del contenido de cada una, su funcionalidad y su objetivo.

Tabla **usuarios**

La tabla de usuarios contiene información sobre los clientes, tanto particulares como empresas (véase “Público Objetivo”) con información clave. A continuación, se muestran las columnas y descripción del contenido de dicha tabla.

Columna	Tipo Dato	Restricciones	Descripción
id_usuario	INTEGER	Clave primaria	Identificador de usuario único para cada cliente que está suscrito a los servicios
nombre	TEXT	No nulo	Nombre del cliente
tipo_usuario	TEXT	Valores: ‘B2C’ o ‘B2B’	Señala si es un cliente particular o una empresa
cif_nif	TEXT	Libre	CIF/NIF fiscal del usuario
email	TEXT	Libre	Puede incluir el email del usuario
telefono	TEXT	Libre	Puede incluir el teléfono del usuario
fecha_registro	DATE	Libre	Puede incluir la fecha de registro del usuario

Tabla 28: Tabla de Datos Usuarios

Tabla **zonas**

La tabla de usuarios contiene información sobre las zonas en las que se divide el territorio de acción de la red subterránea de metro. Por simplicidad de conexiones para este MVP se han seleccionado 10 zonas, que pueden albergar hasta 45 conexiones sin duplicados entre ida y vuelta entre puntos. En futuras secciones se verá que son menos las conexiones finales para este MVP. A continuación, se muestran las columnas y descripción del contenido de dicha tabla.

Columna	Tipo Dato	Restricciones	Descripción
id_zona	INTEGER	Clave primaria	Contiene el identificador único de la zona
nombre	TEXT	No nulo	Nombre del barrio o zona

Tabla 29: Tabla de Datos Zonas

Tabla taquillas

La tabla de taquillas contiene información sobre las taquillas físicas, con información clave del estado de la taquilla, su capacidad y la zona donde se encuentra. A continuación, se muestran las columnas y descripción del contenido de dicha tabla.

Columna	Tipo Dato	Restricciones	Descripción
id_taquilla	INTEGER	Clave primaria	Identificador único de la taquilla
id_zona	INTEGER	Clave foránea, no nulo	Identificador único de la zona
capacidad	INTEGER	No nulo	Muestra el número de cajones que posee la taquilla. Se ha limitado a 60 (véase “Variables Críticas y Modelización de Escenarios”)
estado	TEXT	Valores: ‘deshabilitada’, ‘habilitada’ o ‘mantenimiento’	Indica el estado operativo de la taquilla

Tabla 30: Tabla de Datos Taquillas

Tabla cajones

La tabla de cajones contiene información sobre el estado de los cajones de una taquilla. A continuación, se muestran las columnas y descripción del contenido de dicha tabla.

Columna	Tipo Dato	Restricciones	Descripción
id_cajon	INTEGER	Clave primaria	Identificador único de cajón
id_taquilla	INTEGER	Clave foránea, no nulo	Identificador único de la taquilla
estado	TEXT	Valores: ‘deshabilitado’, ‘habilitado’, ‘libre’, ‘reservado’, ‘ocupado’, ‘proximo_a_liberar’ o ‘mantenimiento’	Indica el estado operativo del cajón

Tabla 31: Tabla de Datos Cajones

Tabla paquetes

La tabla de paquetes es una de las más importantes y contiene información sobre los paquetes.

A continuación, se muestran las columnas y descripción del contenido de dicha tabla.

Columna	Tipo Dato	Restricciones	Descripción
id_paquete	INTEGER	Clave primaria	Identificador único del paquete
id_usuario_envia	INTEGER	Clave foránea, no nulo	Identificador único del usuario que envía el paquete
id_usuario_recibe	TEXT	Clave foránea, no nulo	Identificador único del usuario que recogerá el paquete
id_empresa	INTEGER	No nulo	Identificador único de la empresa logística si se requiere de entrega a domicilio
peso	REAL	No nulo	Peso del paquete en kg
tamaño	TEXT	Valores: 'pequeño', 'mediano', 'grande'	Tamaño del paquete
estado	TEXT	Valores: 'pendiente_asignacion', 'en_taquilla_origen', 'en_ruta', 'en_taquilla_destino', 'recogido', 'caducado_en_taquilla', 'devuelto', 'cancelado'	Indica el estado en el que se encuentra el paquete dentro de su paso por la red de taquillas.
fecha_envio	DATE	No nulo	Indica la fecha en la que se disponibiliza el paquete en la taquilla de envío
fecha_entrega	DATE	No nulo	
id_zona_pref	INTEGER	Clave foránea	Indica si el usuario en el envío ha pedido una zona preferida para enviar el paquete
id_taquilla_pref	INTEGER	Clave foránea	Indica si el usuario en el envío ha pedido una taquilla preferida para enviar el paquete
id_taquilla_origen	INTEGER	Clave foránea	Identificador de la taquilla de origen
is_taquilla_destino	INTEGER	Clave foránea	Identificador de la taquilla de destino

ruta_asignada	TEXT	Libre	Se rellenará cuando se haya establecido una ruta óptima
franja_horaria	TEXT	Libre	Franja horaria en la que el usuario indica que quiere que se reciba el paquete

Tabla 32: Tabla de Datos Paquetes

Tabla reservas

Un usuario puede realizar una reserva de una taquilla para enviar un paquete. Esa reserva se registrará en esta tabla. A continuación, se muestran las columnas y descripción del contenido de dicha tabla.

Columna	Tipo Dato	Restricciones	Descripción
id_reserva	INTEGER	Clave primaria	Identificador único de la reserva
id_taquilla	INTEGER	Clave foránea, no nulo	Identificador único de la taquilla
id_paquete	TEXT	Clave foránea, no nulo	Identificador único del paquete
fecha_reserva	DATE	No nulo	Fecha en la que se crea la reserva
fecha_liberacion	DATETIME	Libre	Fecha y hora en la que se recoge el paquete

Tabla 33: Tabla de Datos Reservas

Tabla conexiones_zonas

Como se ha explicado anteriormente, se han seleccionado 10 zonas para este MVP. Esta tabla contiene las conexiones entre las distintas zonas.

Columna	Tipo Dato	Restricciones	Descripción
id_zona_origen	INTEGER	Clave primaria y Clave foránea	Identificador de la zona origen del paquete
id_zona_destino	INTEGER	Clave primaria y Clave foránea	Identificador de la zona destino del paquete

Tabla 34: Tabla de Datos Conexiones entre Zonas

Tabla distancias_zonas

Contiene la distancia entre zonas para posteriormente poder calcular KPIs de rendimiento.

Columna	Tipo Dato	Restricciones	Descripción
id_zona_origen	INTEGER	Clave primaria	Zona de origen del paquete
id_zona_destino	INTEGER	Clave primaria	Zona de destino del paquete

distancia_km	REAL	Libre	Distancia en kilómetros subterráneos entre la zona de origen y la zona de destino
--------------	------	-------	---

Tabla 35: Tabla de Datos Distancias entre Zonas

Tabla log_asignaciones

Esta tabla recoge un historiales de las asignaciones de taquillas que se han hecho.

Columna	Tipo Dato	Restricciones	Descripción
id_log_asignacion	INTEGER	Clave primaria	Identificador único del log
id_taquilla	INTEGER	Clave foránea,	Identificador único de la taquilla
id_paquete	INTEGER	Clave foránea	Identificador único del paquete
id_cajon	INTEGER	Clave foránea	Identificador único del cajón
exito	INTEGER	Valores: 0 (no éxito) o 1 (éxito)	Fecha y hora en la que se recoge el paquete
tipo_intento	TEXT	Libre	Posible descripción del tipo de intento que se realiza
mensaje	TEXT	Libre	Posible mensaje explicativo del resultado o causa del fallo.
fecha_hora	DATETIME	Libre	Fecha y hora en la que se produjo el intento.

Tabla 36: Tabla de Datos Log Asignaciones

Tabla log_recorrido

Esta tabla recoge un historiales de las asignaciones de rutas que se han hecho.

Columna	Tipo Dato	Restricciones	Descripción
id_log_recorrido	INTEGER	Clave primaria	Identificador único del log
id_paquete	INTEGER	Clave foránea, no nulo	Identificador único del paquete
id_zona	INTEGER	Clave foránea, no nulo	Identificador único del cajón
paso	INTEGER	No nulo	Fecha y hora en la que se recoge el paquete
fecha_hora	DATETIME	Libre	Fecha y hora en la que se produjo el intento.

Tabla 37: Tabla de Datos Log Recorridos

3.2 Máquina de Estados del Flujo Logístico

Una vez definido el modelo relacional de datos y el diseño estructural de las entidades principales, es fundamental representar el comportamiento dinámico del sistema.

Para ello, se recurre al modelado mediante máquinas de estados, que permite describir de forma formal y visual las distintas situaciones por las que pueden transitar los objetos clave del sistema, que son los paquetes, las taquillas y los cajones, así como los eventos que provocan dichos cambios.

3.2.1 Modelo de la Gestión de Paquetes

El sistema de gestión de paquetes implementa una máquina de estados finita que modela el ciclo de vida completo de un paquete dentro de la red de taquillas inteligentes. Esta lógica permite monitorizar el estado actual del paquete y definir de forma estricta las transiciones válidas entre estados.

A continuación, se describen los distintos estados:

- **PENDIENTE_ASIGNACION:** estado inicial del paquete tras la petición de envío del usuario. Indica que aún no ha sido asignado a una taquilla de destino.
- **EN_TAQUILLA_ORIGEN:** indica que el paquete ha sido depositado por el remitente en la taquilla asignada para su recogida y posterior envío y ya tiene una taquilla asignada.
- **EN_RUTA:** el paquete ha salido de la taquilla de origen y está siendo transportado hacia su destino.
- **EN_TAQUILLA_DESTINO:** indica que el paquete ha llegado y ha sido depositado en la taquilla de destino, donde quedará a disposición del destinatario final.
- **RECOGIDO:** indica que el destinatario ha retirado correctamente el paquete de la taquilla de destino dentro del plazo asignado.
- **CADUCADO_EN_TAQUILLA:** sucede si el paquete que está en la taquilla de destino no fue recogido a tiempo y ha caducado su permanencia.
- **DEVUELTO:** el paquete ha sido devuelto al centro logístico o remitente, bien porque caducó sin ser recogido, o por otros motivos logísticos.
- **CANCELADO:** el envío fue cancelado por el usuario o el sistema en cualquiera de sus etapas, siempre que la operación lo permita.

A continuación, se describen las distintas transiciones entre estados:

- **asignar():** transición de PENDIENTE_ASIGNACION a EN_TAQUILLA_ORIGEN.
- **salir_ruta():** transición de EN_TAQUILLA_ORIGEN a EN_RUTA.

- **llegada_destino():** transición de EN_RUTA a EN_TAQUILLA_DESTINO.
- **recoger():** transición de EN_TAQUILLA_DESTINO a RECOGIDO.
- **caducar():** transición de EN_TAQUILLA_DESTINO a CADUCADO_EN_TAQUILLA.
- **recoger_tardio():** transición de CADUCADO_EN_TAQUILLA a RECOGIDO.
- **devolver():** transición desde EN_TAQUILLA_DESTINO o CADUCADO_EN_TAQUILLA a DEVUELTO.
- **reiniciar_asignacion():** transición desde DEVUELTO a PENDIENTE_ASIGNACION, en caso de reintento.
- **cancelar():** puede ejecutarse desde la mayoría de los estados y lleva el paquete a CANCELADO.

A continuación de muestra el diagrama de la máquina de estados y las transiciones para los paquetes.

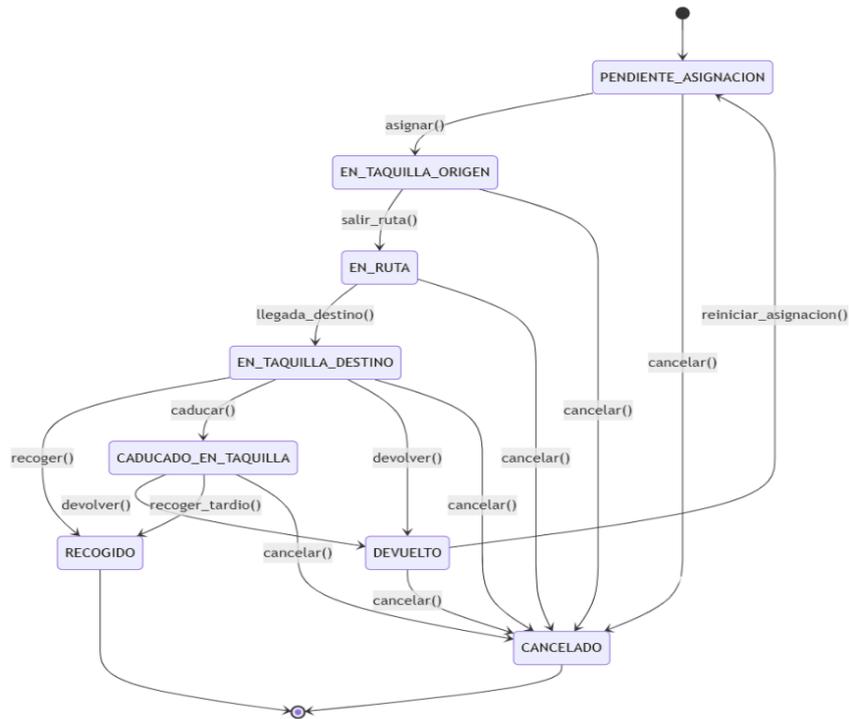


Figura 2: Máquina de Estados de Paquetes

3.2.2 Modelo de los Estados de Taquillas

Esta sección se centra en la máquina de estados específica para modelar el ciclo de vida operativo de cada taquilla de la red. Este modelado permite conocer en todo momento si una taquilla está disponible para operar, fuera de servicio o en mantenimiento, y garantiza la correcta gestión de los procesos de asignación y almacenamiento de paquetes.

A continuación, se describen los distintos estados:

- **DESHABILITADA:** es el estado inicial por defecto. La taquilla no está operativa y no puede ser utilizada ni para depósitos ni para recogidas. Adicionalmente, es el estado al que vuelve una taquilla tras finalizar su mantenimiento.
- **HABILITADA:** indica que la taquilla está activa y puede ser utilizada normalmente para operaciones logísticas.
- **MANTENIMIENTO:** indica que la taquilla se encuentra temporalmente fuera de servicio por tareas técnicas, limpieza, fallos técnicos o cualquier intervención preventiva.

A continuación, se describen las distintas transiciones entre estados:

- **habilitar():** transición de DESHABILITADA a HABILITADA. Solo puede ejecutarse si la taquilla está deshabilitada.
- **deshabilitar():** puede ejecutarse desde cualquier estado y lleva la taquilla a DESHABILITADA.
- **iniciar_mantenimiento():** transición de HABILITADA a MANTENIMIENTO. Solo se permite si la taquilla está activa.
- **finalizar_mantenimiento():** transición de MANTENIMIENTO a DESHABILITADA. Marca el fin de una intervención técnica y la necesidad de volver a habilitarla manualmente.

A continuación se muestra el diagrama de la máquina de estados y las transiciones para las taquillas.

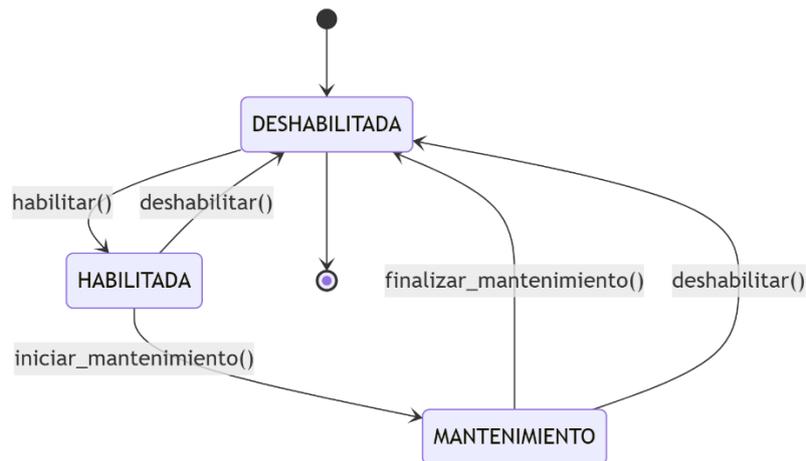


Figura 3: Máquina de Estados de Taquillas

3.2.3 Modelo de los Estados de Cajones

El sistema de taquillas inteligentes contempla también una máquina de estados para los cajones individuales de cada taquilla. Este modelado permite una gestión granular de la ocupación, disponibilidad y mantenimiento de cada cajón de forma autónoma.

A continuación, se describen los distintos estados:

- **DESHABILITADO:** es el estado inicial o inactivo del cajón y no puede ser utilizado en ningún proceso logístico.
- **HABILITADO:** indica que el cajón ha sido activado y está listo para pasar al estado operativo.
- **LIBRE:** indica que el cajón está disponible para asignarse a un paquete.
- **RESERVADO:** indica que el cajón ha sido asignado a un paquete, pero el paquete aún no ha sido depositado, es decir, se ha realizado una reserva.
- **OCUPADO:** indica que el paquete ya ha sido depositado y el cajón se encuentra en uso.
- **PRÓXIMO_A_LIBERAR:** indica que se ha detectado que el paquete será recogido en breve o se ha planificado su retirada.
- **MANTENIMIENTO:** indica que el cajón está fuera de servicio por tareas técnicas o revisión y no puede ser utilizado ni reservado.

A continuación, se describen las distintas transiciones entre estados:

- **activar():** transición de DESHABILITADO a HABILITADO. Requiere que el cajón esté inicialmente inactivo.

- **deshabilitar():** transición a DESHABILITADO desde cualquier estado. Inhabilita completamente el cajón.
- **iniciar_reserva():** transición de LIBRE a RESERVADO. Se reserva el cajón para un paquete concreto.
- **depositar_paquete():** transición de RESERVADO a OCUPADO. El paquete ha sido efectivamente depositado.
- **marcar_proximo_liberar():** transición de OCUPADO a PRÓXIMO_A_LIBERAR. Se anticipa la liberación del espacio.
- **liberar():** transición desde OCUPADO o PRÓXIMO_A_LIBERAR a LIBRE. El paquete ha sido retirado y el cajón queda disponible.
- **iniciar_mantenimiento():** cambio al estado MANTENIMIENTO desde cualquier estado. Desactiva el cajón temporalmente
- **finalizar_mantenimiento():** transición de MANTENIMIENTO a DESHABILITADO, indicando fin del servicio técnico.

A continuación de muestra el diagrama de la máquina de estados y las transiciones para las taquillas.

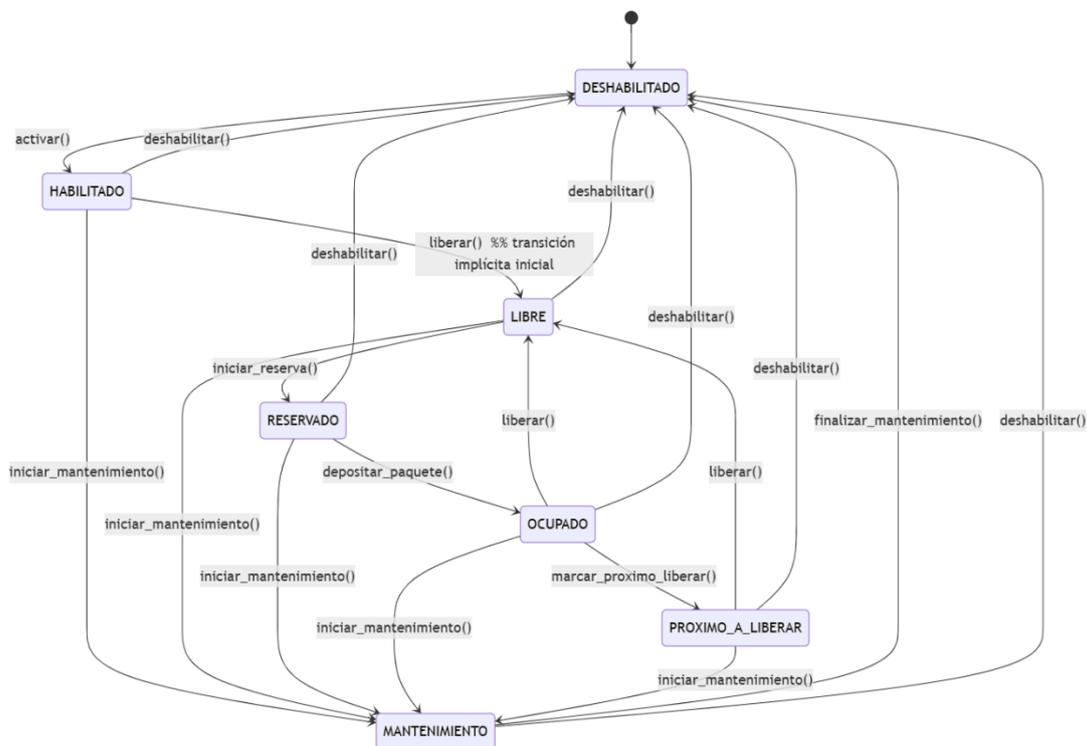


Figura 4: Máquina de Estados de Cajones

3.3 Lógica de Asignación de Taquillas

Una vez se han desarrollado las tablas que se van a usar (véase “Diseño de Bases de Datos Relacionales”) y se han diseñado y modelado las máquinas de estados para los tres activos más importantes del proyecto (véase “Máquina de Estados del Flujo Logístico”), se va a proceder con la lógica de asignación de taquillas.

Representará junto a la lógica de asignación de rutas (véase “Lógica de Asignación de Rutas Subterráneas”) el núcleo operativo del sistema, ya que se encarga de emparejar dinámicamente los paquetes entrantes con los cajones disponibles y preferentes dentro de la red de taquillas inteligentes. El objetivo de la lógica es poder maximizar el uso eficiente del espacio de la red de taquillas, respetar las preferencias del cliente y adaptarse en tiempo real a la ocupación del sistema.

Para este núcleo se ha usado la **clase Asignador**, que actúa como un cuerpo de orquestación y lógica que permite una asignación de paquetes a cajones. A continuación, se describe la lógica utilizada y cómo se estructura a través de las funciones que componen esta clase.

Inicialización del Sistema

Al instanciar el objeto Asignador, se cargarán para la memoria las siguientes funciones primordiales que se han diseñado como respuesta a la necesidad de orquestar la asignación de paquetes:

- **self.paquetes:** carga todos los paquetes cuyo estado es pendiente_asignacion a través de la función `get_pending_packages()`.
- **self.taquillas:** carga todas las taquillas registradas, con independencia de su estado, a través de la función `get_all_taquillas()`.
- **self.cajones:** carga todos los cajones existentes, con su estado actual y relación con su taquilla correspondiente, a través de la función `get_all_cajones()`.

Método `elegir_cajon_libre(paquete)`

Esta función implementa la lógica de decisión jerárquica para asignar el mejor cajón disponible a un paquete dado. El proceso sigue este orden de prioridad:

1. **Taquilla preferida:** si el paquete tiene una taquilla concreta indicada por el usuario (véase campo 'id_taquilla_pref' en Tabla 32), → se intenta asignar directamente un cajón libre en dicha taquilla → si no hay disponibilidad, se comprueba si existe algún cajón marcado como próximo_a_liberar, en cuyo caso se deja el paquete en espera virtual.
2. **Zona preferida:** si el paquete tiene una zona preferida (pero no una taquilla específica), → se identifican las taquillas habilitadas en esa zona → estas se ordenan por nivel de ocupación descendente (priorizando el llenado de las más ocupadas) → se busca un cajón libre → si no hay disponibilidad, se repite la estrategia de espera si hay cajones próximos a liberar.
3. **Búsqueda global:** si el paquete no tiene preferencia → se exploran todas las taquillas habilitadas del sistema hasta encontrar un cajón libre.
4. **Espera general:** si no hay ningún cajón libre en todo el sistema, pero sí existen cajones marcados como próximo_a_liberar → el paquete se deja en espera.
5. **Asignación fallida:** si ninguna de las condiciones anteriores se cumple → se registra que no es posible asignar el paquete en ese momento.

Método asignar_todos()

El objetivo es ejecutar una asignación masiva y consistente de paquetes, garantizando trazabilidad y sincronización con la base de datos. Este método recorre todos los paquetes pendientes cargados en memoria y, para cada uno:

1. Llama a **elegir_cajon_libre()** para obtener un cajón adecuado.
2. **Cambia el estado del cajón a 'reservado'**, actualizando tanto en memoria como en la base de datos.
3. **Cambia el estado del paquete a 'en_taquilla_origen'**, marcando que ha sido asignado correctamente.
4. **Inserta un registro en la tabla reservas**, que funciona como traza de las asignaciones realizadas.
5. Imprime una **confirmación** por consola con los detalles de la asignación.

Método reintentar_asignacion()

Esa función permite relanzar el proceso de asignación tras eventos externos, como la liberación de cajones o la habilitación de nuevas taquillas. Su funcionamiento es el siguiente:

1. Recarga los paquetes, taquillas y cajones desde la base de datos para **obtener su estado actualizado**.
2. Identifica todos los paquetes que siguen en **estado 'pendiente_asignacion'**.
3. Para cada uno, **intenta una nueva asignación** aplicando la lógica estándar (elegir_cajon_libre).
4. **Registra el resultado** de cada intento en la tabla log_asignaciones (véase Tabla 36), diferenciando entre casos de éxito y de fallo.

Método liberar_cajon(id_cajon)

Esta función permite **liberar un cajón que ha sido utilizado**, actualizando su estado en memoria y en base de datos. Además, actualiza la tabla reservas (véase Tabla 33) marcando el campo 'fecha_liberacion' del paquete previamente asignado a ese cajón.

Método recoger_paquete(id_paquete)

Permite **marcar como recogido un paquete** que ha llegado a su destino. Cambia su estado a recogido y lo actualiza en la base de datos.

3.4 Lógica de Asignación de Rutas Subterráneas

Una vez realizada la lógica de asignación de taquillas se va a proceder con la lógica de asignación de rutas subterráneas, el segundo bloque del núcleo de este proyecto.

El transporte subterráneo entre taquillas situadas en distintas zonas se gestiona mediante un sistema de rutas basado en teoría de grafos. Para ello, se ha desarrollado la **clase AsignadorRutas**, que se encarga de calcular y asignar dinámicamente los caminos más cortos entre las zonas de origen y destino de los paquetes, utilizando estructuras de red subterránea.

Inicialización del Sistema

El constructor inicializa la conexión a la base de datos y construye automáticamente el grafo de zonas. Este grafo se almacena en **self.grafo** y se usará para todos los cálculos de rutas posteriores.

Método `_construir_grafo(self)`

La red subterránea de transporte se modela como un **grafo hamiltoniano no dirigido**, donde cada nodo representa una zona geográfica de la ciudad y cada arista representa una conexión subterránea directa entre zonas.

Para el diseño del MVP primero se usó un grafo hamiltoniano no dirigido de 10 nodos. Para encontrar el recorrido más eficiente entre dos zonas, se utiliza el algoritmo de camino más corto implementado por la librería `networkx`, concretamente el método `shortest_path()`.

3.5 Motor de Simulación de Rutas y Transporte

3.5.1 Simulador de Rutas

Una vez que los paquetes tienen asignada una ruta subterránea entre su zona de origen y destino (véase “Lógica de Asignación de Rutas Subterráneas”), es necesario simular el movimiento de dichos paquetes a través del grafo logístico. Para ello, se ha implementado la **clase SimuladorRuta**, que ejecuta de forma secuencial el recorrido virtual de cada paquete siguiendo la ruta que le ha sido previamente asignada.

Inicialización del Sistema

El constructor inicializa la conexión a la base de datos donde se encuentran las tablas ‘paquetes’ y ‘log_recorrido’ (véase la Tabla 32 y Tabla 37 respectivamente). Estas dos tablas permiten tanto acceder a la información de cada paquete como registrar los pasos simulados de su trayecto.

Método **simular_todos_los_paquetes(self)**

Lleva a cabo la simulación completa del tránsito de paquetes por la red subterránea y su funcionamiento es el siguiente:

1. **Selección de paquetes:** se seleccionan todos los paquetes que estén en estado ‘en_taquilla_origen’ y que ya tengan una ‘ruta_asignada’.
2. **Recorrido paso a paso:** para cada paquete → se descompone la ruta asignada → se recorre secuencialmente cada zona del trayecto → en cada paso se inserta un nuevo registro en la tabla ‘log_recorrido’, indicando el número de paso y la zona visitada → se simula una espera de medio segundo que representa el desplazamiento temporal entre zonas, aunque en una simulación realista este tiempo podría ajustarse dinámicamente.
3. **Cambio de estado al finalizar:** una vez completado el recorrido simulado → se actualiza el estado del paquete a ‘en_taquilla_destino’.
4. **Confirmación y persistencia:** se confirma el resultado de cada simulación en la base de datos.

3.5.2 Simulador de Transporte

Una vez que los paquetes han sido asignados a cajones y se ha definido su ruta subterránea, el siguiente paso es simular el comportamiento real del sistema logístico en una situación de operación continua. Para ello se ha desarrollado un módulo que representa el flujo completo del transporte, contemplando recogidas, movimientos interzonales, entregas en destino y gestión de ocupación en cajones.

La lógica se basa en una arquitectura modular compuesta por **dos clases: UnidadTransporte y CoordinadorTransporteSimulada.**

- **La clase UnidadTransporte** transporta un paquete concreto por una ruta subterránea asignada y tiene dos métodos: **avanzar()**, incrementa el paso actual y devuelve la próxima zona de la ruta hasta que llegue a su destino, marcado por el método **destino()**.
- **La clase CoordinadorTransporteSimulada** orquesta la simulación del movimiento conjunto de múltiples paquetes, agrupadas por franja horaria. La lógica que es la siguiente:
 - **Selección de paquetes por franja horaria:** se seleccionan todos los paquetes que están en estado 'en_taquilla_origen', tienen una 'ruta_asignada' y corresponden a la franja horaria indicada.
 - **Agrupación de paquetes para transporte:** cada paquete es envuelto en una UnidadTransporte, generando una lista de unidades listas para iniciar el recorrido.
 - **Resultado del transporte:** se imprime el plan de transporte para esa franja: qué paquete va desde qué zona a cuál, y cuál es su ruta exacta → se simulan movimientos paso a paso → cada paquete avanza una posición en su ruta → si ya está en el destino, se notifica → este proceso se repite hasta que todos los paquetes hayan llegado.

3.6 Medición de los KPIs del MVP

Uno de los principales beneficios del sistema propuesto de reparto subterráneo mediante taquillas inteligentes es la reducción de emisiones contaminantes frente a los métodos tradicionales de reparto urbano en superficie (véase “Oferta de Valor”).

Para cuantificar este impacto, se ha desarrollado un indicador clave de rendimiento que calcula el CO₂ evitado como consecuencia del uso de rutas subterráneas automatizadas en lugar de vehículos motorizados convencionales y transporte por vía terrestre.

El algoritmo implementado ha sido el siguiente:

$$CO_2 \text{ evitado (} k_g CO_2 \text{)} = \text{Distancia Subterránea (km)} * \text{Factor Superficie} * \frac{\text{Emisión}}{\text{Vehículo}} \left(\frac{k_g CO_2}{k_m} \right)$$

Se necesita lo siguiente:

- Se cogen los paquetes (Tabla 32) que ya han sido asignados a una ruta y se encuentran en algún estado del flujo logístico que incluya ‘en_taquilla_origen’, ‘en_ruta’, ‘en_taquilla_destino’ o ‘recogido’.
- Se recoge la tabla de distancias entre zonas (Tabla 35) que contiene la distancia en kilómetros entre cada par de zonas conectadas.
- Para saber la distancia real terrestre equivalente a la subterránea, debido a tráfico, semáforos, rotondas y vueltas a la manzana se ha estimado que la distancia por superficie es un 40% mayor que la distancia directa subterránea (factor 1.4).
- Se ha realizado una búsqueda de las emisiones medias por kilómetro según el tipo de vehículo utilizado: para moto de reparto se ha estimado 0,06 kg CO₂ / km y para una furgoneta de reparto 0,18 kg CO₂ / km.

El resultado final incluye el número total de paquetes evaluados y los kilogramos de CO₂ evitados en conjunto.

3.7 Ejemplo Real

Con el objetivo de validar el correcto funcionamiento del sistema y demostrar su aplicabilidad práctica, se llevará a cabo una simulación completa utilizando dos paquetes reales extraídos de la base de datos.

Este caso permite verificar tanto la integridad del modelo como la lógica de negocio definida a lo largo del desarrollo.

A lo largo de esta sección se ejecutarán, paso a paso, las siguientes acciones:

- **Asignación de taquilla** según preferencias del paquete y disponibilidad logística.
- **Cálculo de la ruta óptima** entre la taquilla origen y destino utilizando el motor de simulación de rutas.
- **Simulación del recorrido logístico**, registrando el paso por diferentes zonas geográficas.
- **Simulación del transporte y entrega**, incluyendo cambios de estado del paquete conforme avanza su ciclo.
- **Estimación del ahorro de emisiones de CO₂**, contrastando la ruta elegida frente a un modelo de transporte convencional.

Se han cogido dos paquetes de la base de datos con las siguientes características:

Campo	Paquete A	Paquete B
id_paquete	2763	2764
id_usuario_envia	2	3
id_usuario_recibe	3	4
id_empresa	7	8
peso	2	3,5
tamaño	pequeño	grande
estado	pendiente_asignacion	pendiente_asignacion
fecha_envio	2025-06-29	2025-08-03
fecha_entrega	2025-06-29	2025-08-03
id_zona_pref	3	7
id_taquilla_pref	null	null
id_taquilla_origen	8	10
id_taquilla_destino	null	null
ruta_asignada	null	null
franja_horaria	10-12	10-12

Tabla 38: Ejemplo Real de Simulación Tabla de Paquetes

Después de ejecutar el código de clase Asignador (véase “Lógica de Asignación de Taquillas”) obtenemos el siguiente resultado:

```
asignador = Asignador()
asignador.asignar_por_ids([2763, 2764])

[OK] Paquete 2763 asignado a taquilla destino 1 y cajón 2
[OK] Paquete 2764 asignado a taquilla destino 25 y cajón 1442
```

Figura 6: Ejemplo Real Asignación de Taquilla

A continuación, se procederá a asignarles una ruta con la clase AsignadorRutas (véase “Lógica de Asignación de Rutas Subterráneas”)

```
asignador = AsignadorRutasFiltrada(ruta_db, [2763, 2764])
asignador.asignar_rutas()
asignador.cerrar()

✓ 0.0s

[OK] Paquete 2763: ruta asignada → 9,4,3
[OK] Paquete 2764: ruta asignada → 8,10,7
```

Figura 7: Ejemplo Real Asignación de Rutas

A continuación, una vez se ha asignado una ruta, se va a visualizar con la clase SimuladorRuta (véase “Simulador de Rutas”) el camino mínimo que recorrerán ambos paquetes.

```
sim = SimuladorRuta(ruta_db)
sim.simular_paquetes_por_id([2763, 2764])
sim.cerrar()

✓ 0.0s

Simulación visual del paquete 2763:
Paso 1: entra en la zona 9
Paso 2: entra en la zona 4
Paso 3: entra en la zona 3
Llegada final a la zona 3

Simulación visual del paquete 2764:
Paso 1: entra en la zona 8
Paso 2: entra en la zona 10
Paso 3: entra en la zona 7
Llegada final a la zona 7
```

Figura 8: Ejemplo Real Simulación de Rutas

Adicionalmente, se adjuntan las rutas optimizadas de manera visual en el grafo a través de una función de visualización de paquetes.

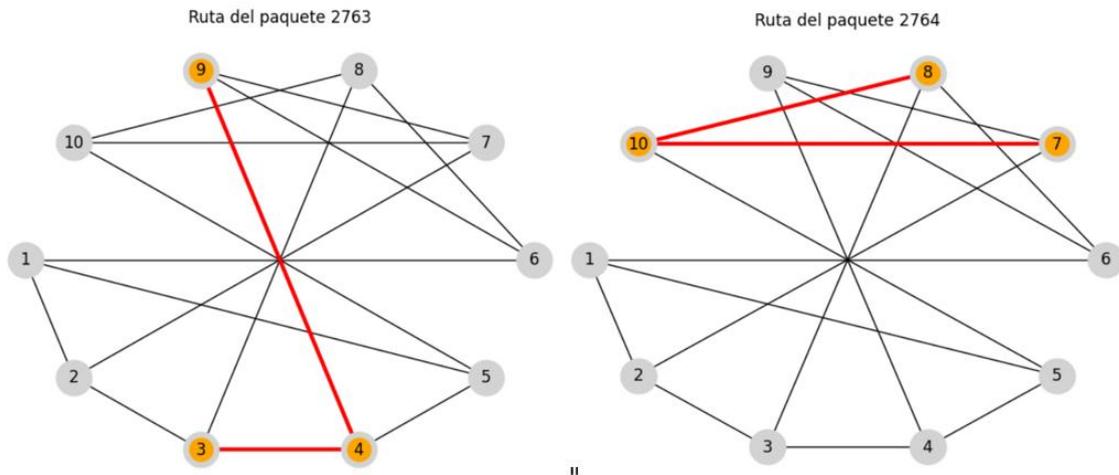


Figura 9: Ejemplo Real Grafo Rutas de Transporte

A continuación, una vez se ha asignado una ruta y las zonas que atravesarán para llegar a su destino final, se va a visualizar con la clase `CoordinadorTransporteSimulada` (véase “Simulador de Transporte”) la simulación del MVP de cómo se transportan los paquetes en la realidad a través de la red subterránea de Metro o Cercanías.

```

coordinador = CoordinadorTransporteSimulada(ruta_db)
coordinador.simular_transporte_ids([2763, 2764])
coordinador.cerrar()

✓ 0.0s

[SIMULACIÓN] 2 unidades seleccionadas para simular:
→ Paquete 2763 desde zona 9 → zona 3, ruta: ['9', '4', '3']
→ Paquete 2764 desde zona 8 → zona 7, ruta: ['8', '10', '7']

--- Paso 1 ---
Unidad 1 avanzando a zona 4
Unidad 2 avanzando a zona 10

--- Paso 2 ---
Unidad 1 avanzando a zona 3
Unidad 2 avanzando a zona 7

--- Paso 3 ---
Unidad 1 ya llegó a destino (zona 3)
Unidad 2 ya llegó a destino (zona 7)

[FIN] Simulación completada para paquetes: [2763, 2764]

```

Figura 10: Ejemplo Real Coordinador de Transporte

Por último, se va a visualizar cuanto CO2 se han ahorrado en un solo día de trabajo con 358 paquetes de la prueba de la base de datos del MVP con paquetes que tienen por estado 'en_taquilla_origen', 'en_ruta', 'en_taquilla_destino', 'recogido' y tienen una "ruta_asignada".

```
calcular_ahorro_co2(ruta_db, tipo='moto')
calcular_ahorro_co2(ruta_db, tipo='furgoneta')

===== RESULTADO FINAL =====
Paquetes evaluados: 358
Emisiones evitadas (moto): 42.20 kg CO2

===== RESULTADO FINAL =====
Paquetes evaluados: 358
Emisiones evitadas (furgoneta): 126.59 kg CO2
```

Figura 11: Ejemplo Real Eficiencia Sostenibilidad

Extrapolando este último dato al primer año de expectativa de manejar 4.000.000 de euros en paquetes (véase ANEXO II Tabla 40 de las proyecciones del escenario realista), se podrían estar ahorrando hasta casi 1000 kg de CO2 diario por furgoneta y 325 kg CO2 diario por moto, lo que significa que si se usa metro subterráneo para distribuir los 2760 paquetes al día, se podría ahorrar aproximadamente 500 toneladas anuales de CO₂.

4. Objetivos de Desarrollo de Sostenibilidad

En el año 2015, las Naciones Unidas impulsaron la Agenda 2030 como un marco global destinado a guiar a los países en la construcción de sociedades más justas y sostenibles. Esta hoja de ruta busca facilitar condiciones que promuevan el bienestar, el progreso económico y la equidad en el acceso a servicios esenciales como la educación, la salud, la protección y el empleo digno.

La Agenda se compone de 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), que integran tanto el compromiso con la erradicación de la pobreza como la necesidad de combatir de forma activa el deterioro ambiental y el cambio climático.



Figura 12: Objetivos de Desarrollo Sostenible (Naciones Unidas, 2025)

El proyecto se alinea con varios de los Objetivos de Desarrollo Sostenible establecidos por las Naciones Unidas, contribuyendo directamente a una transformación positiva del entorno urbano y de la economía digital.

6. En primer lugar, **promueve el empleo de calidad y el desarrollo económico sostenible** (ODS 8) al fomentar la creación de puestos de trabajo vinculados con la tecnología, la logística y la gestión de infraestructuras digitales.
7. Asimismo, impulsa el avance de una **infraestructura moderna y resiliente**, incorporando innovación tecnológica a través de sistemas de gestión inteligentes y plataformas digitales orientadas al reparto automatizado (ODS 9).
8. Por otro lado, al apostar por el transporte subterráneo y reducir el tránsito de reparto en superficie, el sistema contribuye activamente a **mejorar la calidad de vida en las ciudades** y a fomentar entornos urbanos más sostenibles y habitables (ODS 11), con menos contaminación ambiental, sonora y visual.
9. Finalmente, la propuesta tiene un impacto directo en la **acción climática** (ODS 13), al disminuir de forma significativa las emisiones de CO₂ asociadas a la última milla logística, consolidando entregas y reduciendo desplazamientos innecesarios mediante algoritmos de optimización.

5. Bibliografía

- Across Logistics. (9 de Junio de 2025). *Tendencias logísticas 2025: Tecnologías, IA, desafíos y oportunidades*. Obtenido de <https://acrosslogistics.com/blog/tendencias-logisticas>
- Amazon. (17 de Junio de 2025). *Entregas y logística*. Obtenido de <https://www.aboutamazon.es/que-hacemos/entregas-y-logistica>
- Ayuda Pymes. (27 de Septiembre de 2023). *Nueva Ley de startups en España*. Obtenido de <https://ayudatpymes.com/gestron/nueva-ley-de-startups/#:~:text=Una%20de%20las%20grandes%20novedades,la%20condici%C3%B3n%20de%20empresa%20emergente.>
- Banco de España. (17 de Septiembre de 2024). *Proyecciones Macroeconómicas de España 2024-2026*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.bde.es/f/webbe/SES/Secciones/Publicaciones/InformesBoletinesRevistas/BoletinEconomico/24/T3/Fich/20240917_Proyecciones_AG.pdf
- Correos. (17 de Junio de 2025). *Correos Logística*. Obtenido de <https://www.correos.es/es/es/empresas/para-tu-negocio/soluciones-especificas/correos-logistica>
- DHL. (17 de Junio de 2025). *Innovación en Logística*. Obtenido de <https://www.dhl.com/es-es/home/innovacion-en-logistica.html>
- Diario del Puerto. (9 de Junio de 2025). *Prologis cifra en hasta 1,9 millones de metros cuadrados la demanda del e-commerce hasta 2030*. Obtenido de <https://www.diariodelpuerto.com/logistica/prologis-cifra-en-hasta-19-millones-de-metros-cuadrados-la-demanda-del-e-commerce-hasta-2030-IE24313391>
- Diario Oficial UE. (4 de Mayo de 2016). *Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo*. Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.boe.es/doue/2016/119/L00001-00088.pdf>
- Doofinder. (17 de Junio de 2025). *Estadísticas de eCommerce: evolución y futuro*. Obtenido de <https://www.doofinder.com/es/blog/estadisticas-de-ecommerce>
- Ecommerce News. (17 de Marzo de 2025). *El ecommerce en España*. Obtenido de <https://ecommerce-news.es/el-ecommerce-en-espana-preve-alcanzar-los-37-911-millones-de-euros-en-2025/>
- Expansión. (19 de Mayo de 2025). *Bono español a 10 años*. Obtenido de https://datosmacro.expansion.com/bono/espana?utm_source=chatgpt.com
- Expansión. (19 de Mayo de 2025). *IBEX35*. Obtenido de <https://datosmacro.expansion.com/bolsa/espana>
- FedEx. (17 de Junio de 2025). *Cadena de Suministro*. Obtenido de <https://www.fedex.com/es-es/shipping/supply-chain.html>

- Gobierno de España. (18 de Junio de 2025). *Kit digital*. Obtenido de <https://planderecuperacion.gob.es/etiquetas/kit-digital>
- Green Box. (20 de Junio de 2025). *Ecologística para reducir la huella ecológica en el transporte*. Obtenido de <https://greenboxsl.com/es/logistica/ecologistica-para-reducir-la-huella-ecologica-del-transporte/>
- IEBS. (22 de Junio de 2025). *Business Model Canvas*. Obtenido de <https://www.iebschool.com/hub/que-es-el-modelo-canvas-y-como-aplicarlo-a-tu-negocio-agile-scrum/>
- Imagine Business. (11 de Diciembre de 2024). *Tendencias de ecommerce españoles en 2025: Cómo el mercado está evolucionando*. Obtenido de <https://imaginebusiness.es/blogs/noticias/tendencias-de-ecommerce-espanoles-en-2025-como-el-mercado-esta-evolucionando>
- InPost. (17 de Junio de 2025). *InPost: la mejor empresa de paquetería en España para ti*. Obtenido de <https://www.inpost.es/empresa-paqueteria-en-espana/>
- Investing.pro. (21 de Mayo de 2025). *Beta*. Obtenido de <https://es.investing.com/pro/NASDAQGS:AMZN/explorer/beta>
- Lucidchart. (26 de Junio de 2025). *Modelos de bases de datos*. Obtenido de <https://www.lucidchart.com/pages/es/que-es-un-modelo-de-base-de-datos#:~:text=Siendo%20el%20modelo%20m%C3%A1s%20com%C3%BAn,postal%20%20fecha%20de%20nacimiento.>
- McKinsey & Company. (27 de Agosto de 2018). *Technology delivered: Implications for cost, customers, and competition in the last-mile ecosystem*. Obtenido de <https://www.mckinsey.com/industries/logistics/our-insights/technology-delivered-implications-for-cost-customers-and-competition-in-the-last-mile-ecosystem>
- Metro Madrid. (12 de Septiembre de 2024). *Metro al sector logístico*. Obtenido de <https://www.metromadrid.es/es/nota-de-prensa/2024-09-12/diaz-ayuso-anuncia-la-incorporacion-de-metro-al-sector-logistico-con-el-proyecto-ultima-milla-que-permite-el-transporte-de-mercancias-en-los-trenes-del>
- MITECO. (20 de Junio de 2025). *Sector transporte*. Obtenido de <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/transporte.html>
- Naciones Unidas. (21 de Junio de 2025). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Paack. (17 de Junio de 2025). *Paack*. Obtenido de <https://paack.co/es/>
- Pérez, A. (2 de Enero de 2025). *Estadísticas de Ecommerce*. Obtenido de <https://www.reactivaonline.com/estadisticas-ecommerce/>

- Prologis. (24 de Marzo de 2025). *The E-commerce Boom Isn't Over: Implications for Logistics Real Estate*. Obtenido de <https://www.prologis.com/insights/research/future-last-mile-delivery-facilities>
- Reinders, M. (18 de Junio de 2024). Obtenido de <https://www.dealsuite.com/en/blogs/sector-monitor-transportation-logistics-2024?>
- SEUR. (17 de Julio de 2025). *Logística*. Obtenido de <https://www.seur.com/es/empresas/servicios-disponibles/logistica/>
- Sotelo, R. (18 de Junio de 2025). *El eCommerce de moda en España*. Obtenido de <https://marketing4ecommerce.net/ecommerce-en-moda-crecimiento/>
- Statista. (16 de Febrero de 2024). *E-commerce logistics - statistics & facts*. Obtenido de <https://www.statista.com/topics/11962/e-commerce-logistics/>
- Statista. (28 de Enero de 2025). <https://es.statista.com/temas/3167/el-comercio-electronico-dentro-de-espana/#topicOverview>. Obtenido de El comercio electrónico en España
- Unión Europea. (18 de Junio de 2025). *NextGenerationEU*. Obtenido de https://next-generation-eu.europa.eu/index_es
- UPS. (17 de Junio de 2025). *Nuestra Estrategia*. Obtenido de <https://about.ups.com/es/es/our-company/our-strategy.html>

ANEXO I

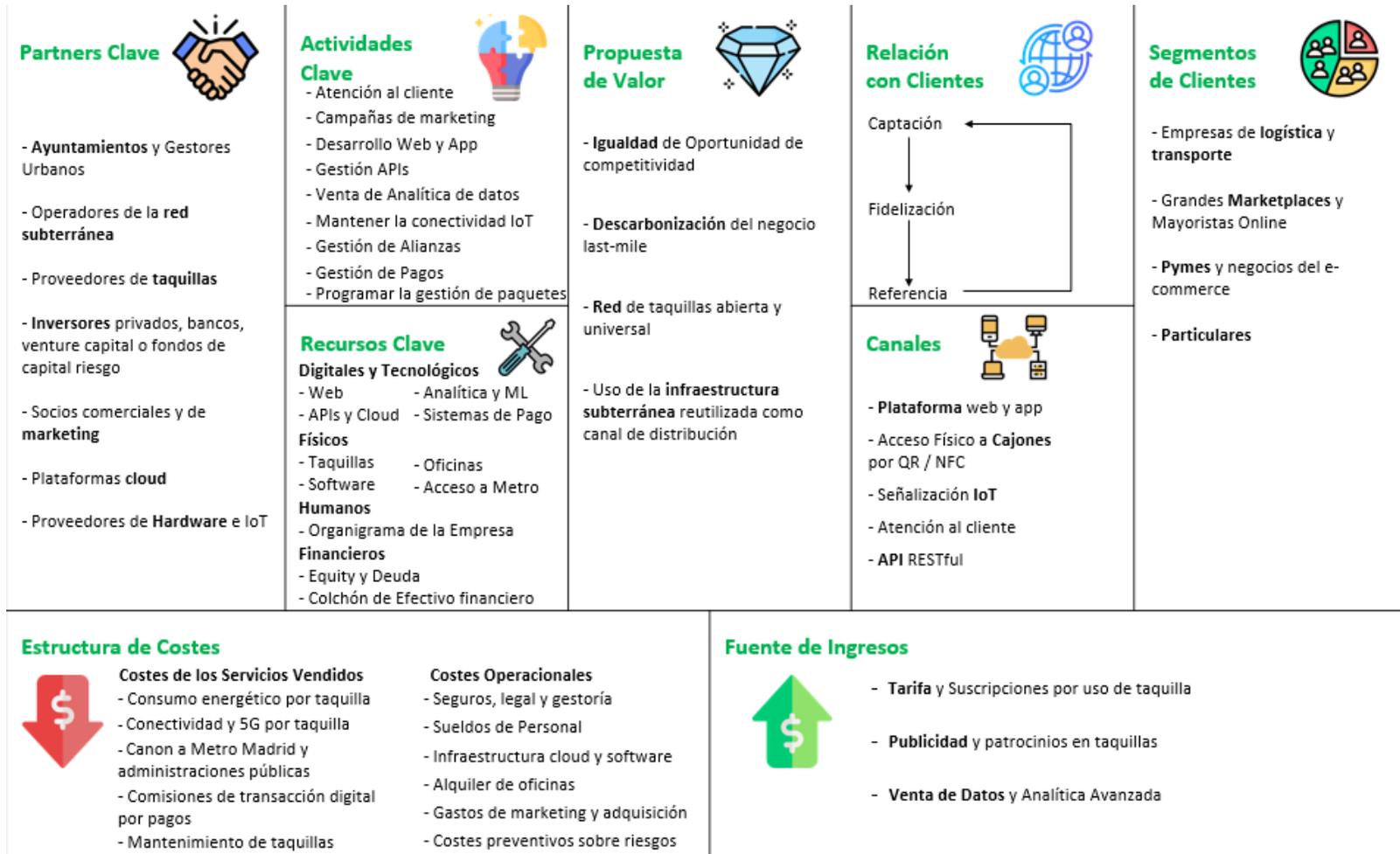


Figura 13: Business Model Canvas

ANEXO II

Cuenta de resultados	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos por ventas de servicios	3,200,000	5,529,600	7,418,880	8,515,584	8,941,363
Ingresos por data analytics	0	0	241,920	387,072	745,114
Ingresos por publicidad	0	230,400	403,200	774,144	958,003
Ingresos	3,200,000	5,760,000	8,064,000	9,676,800	10,644,480
Coste de los servicios vendidos	2,656,000	4,780,800	6,693,120	8,031,744	8,834,918
Margen Bruto	544,000	979,200	1,370,880	1,645,056	1,809,562
Costes de explotación	992,000	1,440,000	1,370,880	1,257,984	1,170,893
EBITDA	-448,000	-460,800	0	387,072	638,669
Depreciación	36,530	63,123	84,690	97,210	102,070
EBIT	-484,530	-523,923	-84,690	289,862	536,598
Intereses de Deuda	28,767	29,523	34,567	29,442	17,313
EBT	-513,297	-553,447	-119,257	260,420	519,286
Impuestos	-76,995	-83,017	-17,889	39,063	77,893
Resultado Neto	-436,302	-470,430	-101,368	221,357	441,393

Tabla 39: Cuenta de Resultados del Escenario Pesimista

Cuenta de resultados	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos por ventas de servicios	4,000,000	7,600,000	8,640,000	9,384,000	9,715,200
Ingresos por data analytics	0	0	288,000	552,000	971,520
Ingresos por publicidad	0	400,000	672,000	1,104,000	1,457,280
Ingresos	4,000,000	8,000,000	9,600,000	11,040,000	12,144,000
Coste de los servicios vendidos	3,200,000	6,400,000	7,680,000	8,832,000	9,715,200
Margen Bruto	800,000	1,600,000	1,920,000	2,208,000	2,428,800
Costes de explotación	1,200,000	2,000,000	1,920,000	1,766,400	1,639,440
EBITDA	-400,000	-400,000	0	441,600	789,360
Depreciación	45,662	86,758	98,630	107,123	110,904
EBIT	-445,662	-486,758	-98,630	334,477	678,456
Intereses de Deuda	35,959	39,555	42,534	28,551	13,408
EBT	-481,621	-526,313	-141,164	305,925	665,048
Impuestos	-72,243	-78,947	-21,175	45,889	99,757
Resultado Neto	-409,378	-447,366	-119,990	260,037	565,291

Tabla 40: Cuenta de Resultados del Escenario Realista

Cuenta de resultados	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos por ventas de servicios	4,800,000	9,024,000	10,560,000	12,240,000	12,672,000
Ingresos por data analytics	0	480,000	720,000	1,008,000	1,267,200
Ingresos por publicidad	0	96,000	720,000	1,152,000	1,900,800
Ingresos	4,800,000	9,600,000	12,000,000	14,400,000	15,840,000
Coste de los servicios vendidos	3,600,000	7,200,000	9,000,000	10,800,000	11,880,000
Margen Bruto	1,200,000	2,400,000	3,000,000	3,600,000	3,960,000
Costes de explotación	1,536,000	2,592,000	3,000,000	3,312,000	3,009,600
EBITDA	-336,000	-192,000	0	288,000	950,400
Depreciación	54,795	103,014	120,548	139,726	144,658
EBIT	-390,795	-295,014	-120,548	148,274	805,742
Intereses de Deuda	43,151	47,096	51,534	38,774	22,130
EBT	-433,945	-342,110	-172,082	109,500	783,612
Impuestos	-65,092	-51,316	-25,812	16,425	117,542
Resultado Neto	-368,853	-290,793	-146,270	93,075	666,070

Tabla 41: Cuenta de Resultados del Escenario Pesimista

ANEXO III

Balance de Cuentas	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Total Activos	803,760	1,401,360	1,821,765	1,999,524	1,981,097
Activo Corriente	397,998	709,769	981,304	1,170,142	1,344,017
Cuentas por cobrar	266,667	480,000	672,000	806,400	887,040
Efectivo	131,332	229,769	309,304	363,742	396,033
Impuesto diferido	0	0	0	0	60,944
Activo no Corriente	405,762	691,591	840,461	829,382	637,080
Activos Fijos Brutos	365,297	631,233	846,904	972,099	1,020,704
Depreciación Acumulada	-36,530	-99,653	-184,343	-281,553	-383,624
Impuesto diferido	76,995	160,012	177,900	138,837	0
Patrimonio Neto y Pasivo	803,760	1,401,361	1,821,765	1,999,524	1,981,097
Patrimonio Neto	225,787	500,860	763,720	957,164	1,030,765
Capital Social	662,089	1,407,592	1,771,820	1,743,907	1,376,115
Dividendos	0	0	0	0	0
Reservas	0	0	0	0	0
Resultados Acumulados	-436,302	-906,732	-1,008,100	-786,743	-345,350
Pasivo No Corriente	182,648	224,292	174,320	116,515	31,299
Préstamos a Largo Plazo	182,648	224,292	174,320	116,515	31,299
Pasivo Corriente	395,324	676,208	883,726	925,844	919,034
Préstamos a Corto Plazo	91,324	157,808	211,726	151,700	85,216
Cuentas por Pagar	304,000	518,400	672,000	774,144	833,818
Impuestos sociedades	0	0	0	0	0

Tabla 42: Balance de Cuentas del Escenario Pesimista

Balance de Cuentas	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Total Activos	977,631	1,867,537	2,095,835	2,194,518	2,149,341
Activo Corriente	494,429	981,187	1,168,219	1,334,983	1,489,378
Cuentas por cobrar	333,333	666,667	800,000	920,000	1,012,000
Efectivo	161,096	314,521	368,219	414,983	450,659
Impuesto diferido	0	0	0	0	26,719
Activo no Corriente	483,202	886,350	927,616	859,535	659,963
Activos Fijos Brutos	456,621	867,580	986,301	1,071,233	1,109,041
Depreciación Acumulada	-45,662	-132,420	-231,050	-338,174	-449,078
Impuesto diferido	72,243	151,190	172,365	126,476	0
Patrimonio Neto y Pasivo	977,631	1,867,537	2,095,835	2,194,518	2,149,341
Patrimonio Neto	268,499	631,007	887,160	1,085,519	1,130,975
Capital Social	677,877	1,487,751	1,863,893	1,802,216	1,282,381
Dividendos	0	0	0	0	0
Reservas	0	0	0	0	0
Resultados Acumulados	-409,378	-856,744	-976,733	-716,697	-151,406
Pasivo No Corriente	228,311	319,635	162,100	72,146	21,233
Préstamos a Largo Plazo	228,311	319,635	162,100	72,146	21,233
Pasivo Corriente	480,822	916,895	1,046,575	1,036,853	997,133
Préstamos a Corto Plazo	114,155	216,895	246,575	153,653	50,913
Cuentas por Pagar	366,667	700,000	800,000	883,200	946,220
Impuestos sociedades	0	0	0	0	0

Tabla 43: Balance de Cuentas del Escenario Realista

Balance de Cuentas	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Total Activos	1,148,796	2,160,638	2,529,618	2,851,779	2,801,424
Activo Corriente	590,553	1,171,901	1,460,274	1,746,805	1,917,588
Cuentas por cobrar	400,000	800,000	1,000,000	1,200,000	1,320,000
Efectivo	190,553	371,901	460,274	546,805	589,335
Impuesto diferido	0	0	0	0	8,254
Activo no Corriente	558,242	988,737	1,069,344	1,104,974	883,836
Activos Fijos Brutos	547,945	1,030,137	1,205,479	1,397,260	1,446,575
Depreciación Acumulada	-54,795	-157,808	-278,356	-418,082	-562,740
Impuesto diferido	65,092	116,408	142,221	125,796	0
Patrimonio Neto y Pasivo	1,148,796	2,160,638	2,529,618	2,851,779	2,801,424
Patrimonio Neto	309,837	709,021	1,020,029	1,323,725	1,420,898
Capital Social	678,690	1,368,668	1,825,945	2,036,566	1,467,669
Dividendos	0	0	0	0	0
Reservas	0	0	0	0	0
Resultados Acumulados	-368,853	-659,647	-805,916	-712,841	-46,771
Pasivo No Corriente	273,973	378,082	208,219	139,726	47,945
Préstamos a Largo Plazo	273,973	378,082	208,219	139,726	47,945
Pasivo Corriente	564,986	1,073,534	1,301,370	1,388,329	1,332,581
Préstamos a Corto Plazo	136,986	257,534	301,370	212,329	91,781
Cuentas por Pagar	428,000	816,000	1,000,000	1,176,000	1,240,800
Impuestos sociedades	0	0	0	0	0

Tabla 44: Balance de Cuentas del Escenario Optimista

ANEXO IV

Estrategia Préstamos de Deuda	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7
Préstamo 1							
Saldo inicial	365,297	273,973	182,648	91,324			
Pago Principal	91,324	91,324	91,324	91,324			
Saldo Final	273,973	182,648	91,324	0			
Préstamo 2							
Saldo inicial		265,936	199,452	132,968	66,484		
Pago Principal		66,484	66,484	66,484	66,484		
Saldo Final		199,452	132,968	66,484	0		
Préstamo 3							
Saldo inicial			215,671	161,753	107,836	53,918	
Pago Principal			53,918	53,918	53,918	53,918	
Saldo Final			161,753	107,836	53,918	0	
Préstamo 4							
Saldo inicial				125,195	93,896	62,597	31,299
Pago Principal				31,299	31,299	31,299	31,299
Saldo Final				93,896	62,597	31,299	0
Saldo Inicial	365,297	539,909	597,772	511,240	268,216		
Pago Total	120,091	187,332	246,293	272,466	169,013		
Intereses	28,767	29,523	34,567	29,442	17,313		
Amortización	91,324	157,808	211,726	243,025	151,700		
Saldo Final	273,973	382,100	386,046	268,216	116,515		
Pasivo corriente	91,324	157,808	211,726	151,700	85,216		
Pasivo no corriente	182,648.4018	224,292	174,320	116,515	31,299		

Tabla 45: Estrategia de Pago de Deuda Escenario Pesimista

Estrategia Préstamos de Deuda	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7
Préstamo 1							
Saldo inicial	456,621	342,466	228,311	114,155			
Pago Principal	114,155	114,155	114,155	114,155			
Saldo Final	342,466	228,311	114,155	0			
Préstamo 2							
Saldo inicial		410,959	308,219	205,479	102,740		
Pago Principal		102,740	102,740	102,740	102,740		
Saldo Final		308,219	205,479	102,740	0		
Préstamo 3							
Saldo inicial			118,721	89,041	59,361	29,680	
Pago Principal			29,680	29,680	29,680	29,680	
Saldo Final			89,041	59,361	29,680	0	
Préstamo 4							
Saldo inicial				84,932	63,699	42,466	21,233
Pago Principal				21,233	21,233	21,233	21,233
Saldo Final				63,699	42,466	21,233	0
Saldo Inicial	456,621	753,425	655,251	493,607	225,799		
Pago Total	150,114	256,450	289,110	296,360	167,061		
Intereses	35,959	39,555	42,534	28,551	13,408		
Amortización	114,155	216,895	246,575	267,808	153,653		
Saldo Final	342,466	536,530	408,676	225,799	72,146		
Pasivo corriente	114,155	216,895	246,575	153,653	50,913		
Pasivo no corriente	228,311	319,635	162,100	72,146	21,233		

Tabla 46: Estrategia de Pago de Deuda Escenario Realista

Estrategia Préstamos de Deuda	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7
Préstamo 1							
Saldo inicial	547,945	410,959	273,973	136,986			
Pago Principal	136,986	136,986	136,986	136,986			
Saldo Final	410,959	273,973	136,986	0			
Préstamo 2							
Saldo inicial		482,192	361,644	241,096	120,548		
Pago Principal		120,548	120,548	120,548	120,548		
Saldo Final		361,644	241,096	120,548	0		
Préstamo 3							
Saldo inicial			175,342	131,507	87,671	43,836	
Pago Principal			43,836	43,836	43,836	43,836	
Saldo Final			131,507	87,671	43,836	0	
Préstamo 4							
Saldo inicial				191,781	143,836	95,890	47,945
Pago Principal				47,945	47,945	47,945	47,945
Saldo Final				143,836	95,890	47,945	0
Saldo Inicial Total	547,945	893,151	810,959	701,370	352,055		
Pago Total	180,137	304,630	352,904	388,089	234,459		
Intereses	43,151	47,096	51,534	38,774	22,130		
Amortización	136,986	257,534	301,370	349,315	212,329		
Saldo Final Total	410,959	635,616	509,589	352,055	139,726		
Pasivo corriente	136,986	257,534	301,370	212,329	91,781		
Pasivo no corriente	273,973	378,082	208,219	139,726	47,945		

Tabla 47: Estrategia de Pago de Deuda Escenario Optimista

ANEXO V

Leveraged Free Cash Flow	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Beneficio Neto	-411,850	-445,335	-71,987	164,130	456,109
Depreciación	36,530	63,123	84,690	97,210	102,070
Operational Cash Flow	-375,321	-382,212	12,704	261,340	558,179
Variación en Capital de trabajo neto	128,658	67,551	15,518	-84,218	-150,032
CapEx	-401,447	-311,771	-271,535	-190,693	-165,593
Free Cash Flow	-648,110	-626,431	-243,314	-13,571	242,554
Valor Terminal					2,245,162
Total Free Cash Flow	-648,110	-626,431	-243,314	-13,571	2,487,716

Tabla 48: Leveraged Free Cash Flow Escenario Pesimista

Leveraged Free Cash Flow	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Beneficio Neto	-409,378	-447,366	-119,990	260,037	565,291
Depreciación	45,662	86,758	98,630	107,123	110,904
Operational Cash Flow	-363,716	-360,608	-21,360	367,160	676,195
Variación en Capital de trabajo neto	147,489	102,740	-3,653	-129,722	-158,438
CapEx	-483,202	-486,758	-187,032	-166,764	-154,395
Free Cash Flow	-699,429	-744,626	-212,045	70,674	363,362
Valor Terminal					3,506,808
Total Free Cash Flow	-699,429	-744,626	-212,045	70,674	3,870,171

Tabla 49: Leveraged Free Cash Flow Escenario Realista

Leveraged Free Cash Flow	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Beneficio Neto	-368,853	-290,793	-146,270	93,075	666,070
Depreciación	54,795	103,014	120,548	139,726	144,658
Operational Cash Flow	-314,059	-187,779	-25,722	232,801	810,728
Variación en Capital de trabajo neto	164,986	108,548	27,836	-113,041	-184,002
CapEx	-558,242	-581,348	-288,373	-286,532	-170,783
Free Cash Flow	-707,315	-660,579	-286,259	-166,772	455,943
Valor Terminal					4,641,163
Total Free Cash Flow	-707,315	-660,579	-286,259	-166,772	5,097,106

Tabla 50: Leveraged Free Cash Flow Escenario Optimista

ANEXO VI

Cash Flow y Efectivo	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Resultado Neto	-436,302	-470,430	-101,368	221,357	441,393
Depreciación	36,530	63,123	84,690	97,210	102,070
OCF	-399,773	-407,306	-16,678	318,567	543,463
(-) Incr. Cuentas por cobrar	-266,667	-213,333	-192,000	-134,400	-141,584
Incr. Cuentas por Pagar	304,000	214,400	153,600	102,144	59,674
Incr. Préstamos a Corto Plazo	91,324	66,484	53,918	-60,026	-66,484
Cash Flow Operacional	-271,115	-339,756	-1,160	226,286	395,069
Cash Flow por Inversión	-365,297	-265,936	-215,671	-125,195	-48,605
Impuesto diferido	-76,995	-83,017	-17,889	39,063	138,837
Aportaciones Capital Social	662,089	745,503	364,228	-27,913	-367,792
Préstamos a Largo Plazo	182,648	41,644	-49,973	-57,805	-85,216
Cash Flow por Financiación	844,737	787,147	314,255	-85,718	-453,008
Incremento del efectivo	131,331	98,438	79,535	54,437	32,292
Efectivo Inicial	0	131,331	229,769	309,305	363,741
Efectivo Final	131,332	229,769	309,304	363,742	396,033

Tabla 51: Flujo de Caja Escenario Pesimista

Cash Flow y Efectivo	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Resultado Neto	-409,378	-447,366	-119,990	260,037	565,291
Depreciación	45,662	86,758	98,630	107,123	110,904
OCF	-363,716	-360,608	-21,360	367,160	676,195
(-) Incr. Cuentas por cobrar	-333,333	-333,333	-133,333	-120,000	-118,719
Incr. Cuentas por Pagar	366,667	333,333	100,000	83,200	63,020
Incr. Préstamos a Corto Plazo	114,155	102,740	29,680	-92,922	-102,740
Cash Flow Operacional	-216,227	-257,868	-25,013	237,437	517,757
Cash Flow por Inversión	-456,621	-410,959	-118,721	-84,932	-37,808
Impuesto diferido	-72,243	-78,947	-21,175	45,889	126,476
Aportaciones Capital Social	677,877	809,874	376,142	-61,677	-519,835
Préstamos a Largo Plazo	228,311	91,324	-157,534	-89,954	-50,913
Cash Flow por Financiación	906,188	901,198	218,608	-151,631	-570,748
Incremento del efectivo	161,096	153,424	53,699	46,763	35,676
Efectivo Inicial	0	161,096	314,520	368,219	414,983
Efectivo Final	161,096	314,521	368,219	414,983	450,659

Tabla 52: Flujo de Caja Escenario Realista

Cash Flow y Efectivo	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Resultado Neto	-368,853	-290,793	-146,270	93,075	666,070
Depreciación	54,795	103,014	120,548	139,726	144,658
OCF	-314,059	-187,779	-25,722	232,801	810,728
(-) Incr. Cuentas por cobrar	-400,000	-400,000	-200,000	-200,000	-128,254
Incr. Cuentas por Pagar	428,000	388,000	184,000	176,000	64,800
Incr. Préstamos a Corto Plazo	136,986	120,548	43,836	-89,041	-120,548
Cash Flow Operacional	-149,073	-79,232	2,114	119,760	626,726
Cash Flow por Inversión	-547,945	-482,192	-175,342	-191,781	-49,315
Impuesto diferido	-65,092	-51,316	-25,812	16,425	125,796
Aportaciones Capital Social	678,690	689,978	457,277	210,621	-568,897
Préstamos a Largo Plazo	273,973	104,110	-169,863	-68,493	-91,781
Cash Flow por Financiación	952,663	794,088	287,414	142,128	-660,678
Incremento del efectivo	190,553	181,348	88,373	86,532	42,529
Efectivo Inicial	0	190,553	371,901	460,274	546,806
Efectivo Final	190,553	371,901	460,274	546,805	589,335

Tabla 53: Flujo de Caja Escenario Optimista

ANEXO VII

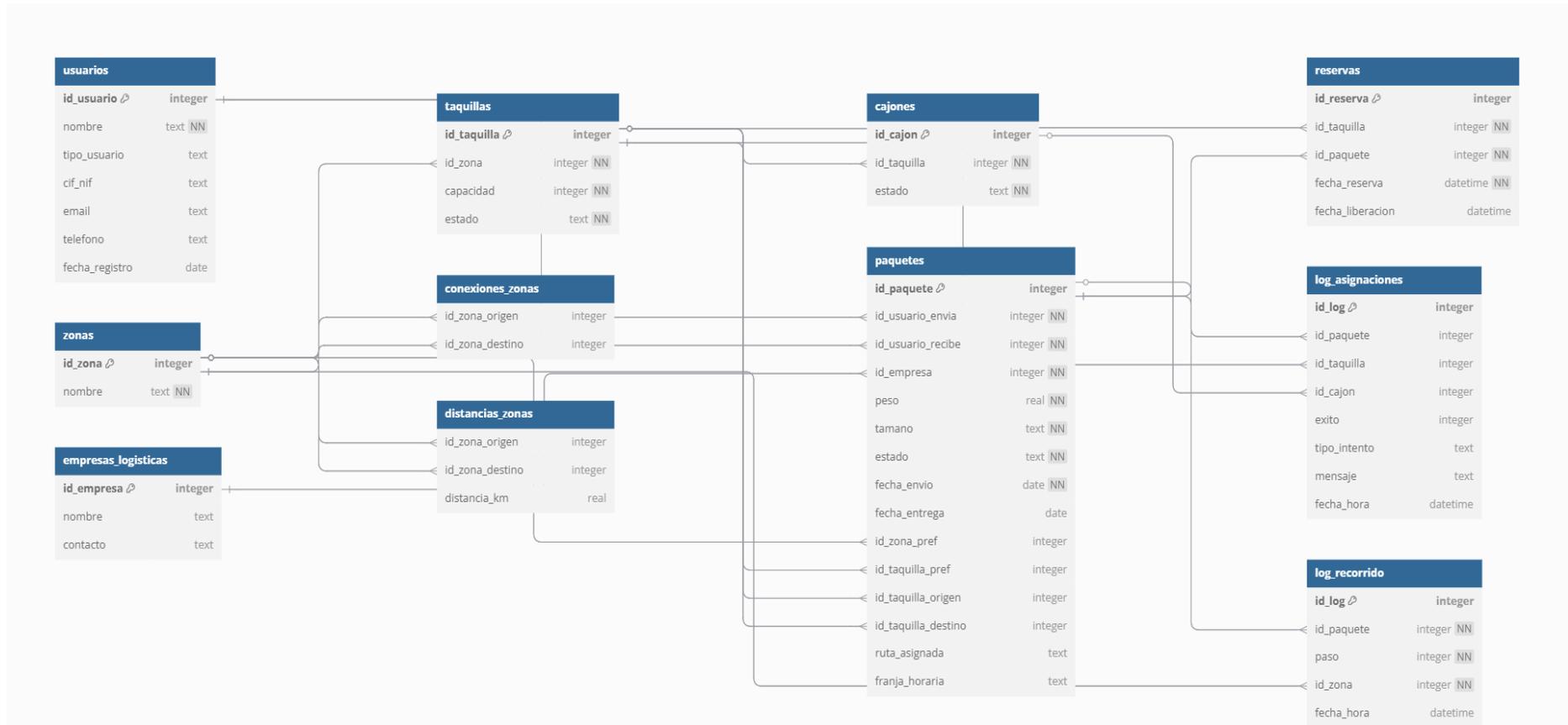


Tabla 54: Diagrama Base de Datos Relacional