



## Trabajo Fin de Grado

**Concepto de vehículo para estrategia sostenible  
de logística última milla en entornos urbanos**

Vehicle concept for sustainable last mile logistics  
strategy in urban environments

Memoria

Autor  
Sergio Navarro Rama

Director  
Eduardo Manchado Pérez

Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo del producto

Escuela de Ingeniería y Arquitectura de Zaragoza (EINA)  
2022

## Agradecimientos

A mi tutor de este proyecto, Eduardo Manchado, por haberme guiado en este trabajo y ayudado con sus consejos y conocimientos, además de haberme enseñado tanto todos estos años de carrera como profesor a lo largo de distintas asignaturas.

A Jesús Royo, especializado en el tema a tratar, por haberme dedicado tiempo y esfuerzo para poder realizar este trabajo de la forma más satisfactoria posible.

Por último, a mi familia por haberme brindado apoyo y motivación para no dejar nunca de lado este largo camino que ha supuesto la carrera.

## RESUMEN

Este proyecto consiste en el planteamiento de un concepto de vehículo para el reparto de entregas última milla en ciudades de forma sostenible.

El proyecto parte de la necesidad de buscar alternativas en el actual sistema de movilidad urbana para aminorar en el mayor porcentaje posible los impactos negativos tanto para el entorno como para la sociedad.

Uno de los actores de este escenario que más impactos tiene es el sector logístico de última milla, por lo que se ha escogido este para estudiarlo y proponer una alternativa a los actuales modelos de logística que se llevan a cabo hoy en día.

Para este proyecto, ha sido de gran ayuda la colaboración con mi tutor, Eduardo Manchado, así como con personal experto en logística como Jesús Royo, los cuales han ayudado a identificar los problemas a solucionar, así como al desarrollo de las posibles soluciones.

La metodología que se ha llevado a cabo para la realización de este proyecto ha sido una metodología estándar que hemos realizado a lo largo de esta titulación para la realización de trabajos, y consiste en lo siguiente:

Primero se ha realizado un estudio de la movilidad urbana, identificando sus principales problemas.

A continuación, se ha identificado la logística urbana como uno de los principales agentes asociados a estos problemas, así como un estudio general de este sector, identificando los distintos tipos, sectores, problemas, medidas a tomar, etc.

Con esto y el estudio de otros campos como el del comercio electrónico, los entornos urbanos, las actuales y futuras tecnologías empleadas en este sector, entre otros, se ha procedido al planteamiento de soluciones, donde se han obtenido varios conceptos, que se han seleccionado en busca de los que contaban con mayor potencial, y finalmente se ha realizado un ligero desarrollo de estos para llegar a un punto en el que se puedan llegar a entender y representar.

## ÍNDICE

|                                      |           |
|--------------------------------------|-----------|
| <b>0 INTRODUCCIÓN .....</b>          | <b>7</b>  |
| 0.1 Objetivo .....                   | 7         |
| 0.2 Alcance.....                     | 7         |
| 0.3 Planificación.....               | 8         |
| <b>1 INVESTIGACIÓN.....</b>          | <b>10</b> |
| 1.1 Movilidad urbana .....           | 10        |
| 1.2 Logística última milla .....     | 12        |
| 1.2.1 Clasificación .....            | 12        |
| 1.2.2 Sectores.....                  | 13        |
| 1.2.3 Impactos .....                 | 14        |
| 1.2.4 Habilitadores del cambio ..... | 15        |
| 1.3 Industria 4.0 .....              | 16        |
| 1.4 Logística 4.0.....               | 17        |
| 1.5 Entorno.....                     | 19        |
| 1.6 Estudio de mercado .....         | 20        |
| <b>2 CONCEPTUALIZACIÓN .....</b>     | <b>24</b> |
| 2.1 Concepto 1: .....                | 25        |
| 2.2 Concepto 2: .....                | 26        |
| 2.3 Concepto 3: .....                | 27        |
| 2.4 Concepto 4: .....                | 28        |
| <b>3 DESARROLLO.....</b>             | <b>31</b> |
| 3.1 Locker móvil.....                | 31        |
| 3.1.1 Explicación del concepto ..... | 31        |
| 3.1.2 Funcionamiento .....           | 31        |
| 3.1.3 Paradas del tranvía.....       | 32        |
| 3.1.4 Locker.....                    | 34        |
| 3.1.5 Vagón .....                    | 38        |
| 3.1.6 Salida/entrada del locker..... | 40        |
| 3.1.7 Medidas generales .....        | 44        |
| 3.2 Delivery Assistant.....          | 45        |

# Trabajo Fin de Grado | Memoria

|  |           |
|--|-----------|
| 3.2.1 Explicación del concepto .....     | 45        |
| 3.2.2 Estudio de mercado .....           | 45        |
| 3.2.3 Sensores .....                     | 46        |
| 3.2.4 Chasis.....                        | 48        |
| 3.2.5 Contenedor.....                    | 54        |
| 3.2.6 Medidas generales .....            | 59        |
| <b>4 CONCLUSIONES .....</b>              | <b>61</b> |
| 4.1 Conclusiones Locker móvil .....      | 61        |
| 4.2 Conclusiones Delivery Assistant..... | 62        |
| <b>5 RENDERS.....</b>                    | <b>65</b> |
| <b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>                | <b>70</b> |
| <b>LISTA DE FIGURAS.....</b>             | <b>74</b> |

0

# Introducción

# 0 INTRODUCCIÓN

## 0.1 Objetivo

El objetivo de este proyecto consiste en el estudio y análisis del actual modelo de logística de última milla, para que, una vez identificados sus principales características y problemas, proponer un concepto capaz de solventar en la mayor medida posible dichos problemas y desarrollarlo ligeramente hasta el punto de darle forma.

Para el desarrollo de este concepto, se va a tener en cuenta el aspecto medioambiental, solucionando no solo los problemas medioambientales del actual modelo logístico, sino también haciéndolo de la forma más sostenible posible.

Para este proyecto hay que tener en cuenta varios temas que se relacionan entre sí, como es la movilidad urbana, la logística de última milla, el estudio de entornos, tecnologías empleadas en el sector logístico, estudios demográficos, etc.

## 0.2 Alcance

El presente trabajo es un trabajo de Fin de Grado correspondiente a la titulación de Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo del Producto. Este proyecto trata acerca de un diseño conceptual, no un desarrollo técnico, por lo tanto, se va a comenzar con un estudio de la situación actual, identificación de problemas, estudio de mercado, planteamiento de conceptos y estudio de estos, y un ligero desarrollo del concepto elegido hasta el punto de darle forma para que pueda entenderse y representarse.

Cabe destacar de nuevo que esto no es un desarrollo técnico, es decir, no se ha desarrollado en profundidad el concepto elegido ni se ha materializado, sino que se ha explicado de forma general cada una de las partes más importantes de este para entender su funcionalidad, así como la obtención de unos renders para visualizar como luciría en la realidad.

### 0.3 Planificación

Se ha organizado el trabajo a lo largo de 3 fases:

- Fase 1: Investigación: Análisis de la situación actual con respecto a la movilidad urbana, analizando sus características y problemas más significativos, y concluyendo con un estudio de la logística de última milla para ver que impactos tiene sobre las áreas urbanas.
- Fase 2: Conceptualización: Búsqueda de soluciones a los problemas anteriormente mencionados partiendo de las conclusiones obtenidas de los estudios previos.
- Fase 3: Desarrollo: Una vez elegido el concepto adecuado, desarrollarlo de forma conceptual hasta llegar a un punto en el que pueda representarse y entenderse por cualquiera que lea este documento, pero sin llegar a un nivel alto de desarrollo, puesto que este trabajo se trata de un diseño conceptual, no técnico.

En este documento se encuentra la información esencial para el entendimiento del trabajo y la justificación de cada una de las elecciones tomadas. El contenido adicional con una ampliación de la información de cada uno de los apartados se encuentra reflejado en el documento Anexos.

1

# Investigación

# 1 INVESTIGACIÓN

## 1.1 Movilidad urbana

Todos los días, para prácticamente cualquier actividad, los ciudadanos han de desplazarse por la ciudad o necesitan acceder a ella; ya sea para ir de compras, al trabajo, a estudiar, a visitar a alguien, de ocio, etc., al cabo del día se produce una cantidad enorme de desplazamientos dentro de las ciudades.

Pero en las últimas décadas, debido a la supremacía del vehículo privado frente a otros modos de transporte y de la continua expansión urbana, que aleja cada vez más las zonas residenciales de las zonas de ocio, comercio, trabajo, etc., la movilidad urbana se está convirtiendo en uno de los principales problemas que hoy en día sufren las ciudades.



*Figura 1. Supremacía del vehículo privado*

Las consecuencias del modelo de transporte nos afectan por vías distintas.

Por un lado, están los problemas relacionados con la congestión, que se materializan en una pérdida de tiempo a la hora de desplazarse.

Por otro lado, tenemos los problemas que afectan directamente a la salud por la contaminación acústica y del aire, así como por la siniestralidad.

También están las posibles repercusiones psicológicas debidas, de forma indirecta, a la ocupación y fragmentación del territorio, que

limitan o imposibilitan la utilización de las calles como algo más que canales de transporte [1].

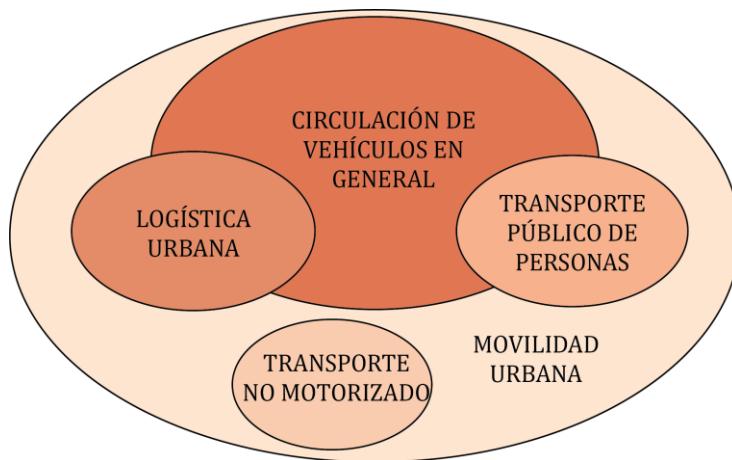
Estos problemas tienen unas características determinadas: afectan a todos los habitantes de la ciudad, especialmente a los sectores más débiles y desfavorecidos, y en algunos casos también a poblaciones cercanas; en segundo lugar, debido a sus repercusiones directas o indirectas sobre la calidad de vida de los habitantes, son de una gravedad y magnitud bastante considerables; tercero, repercuten en el día a día de las personas de forma notoria; y cuarto, generan escasa crítica en una sociedad en la que esto ya está muy normalizado [1].

Entre los problemas más graves, podemos destacar los siguientes: congestión, consumo de energía, contaminación, salud y calidad de vida, ruido, accidentes, consumo de espacio y espacio barrera.

(Para información más detallada de estos problemas, ir a **Anexos 1.1**).

Un sector que tiene una gran importancia en lo que a movilidad urbana se refiere, con todos los impactos negativos que eso conlleva, es el sector logístico, más específicamente el de última milla.

La última milla es la gestión de transporte de paquetería centrada en el último trayecto que ha de realizarse en la entrega final. Corresponde al trayecto que se hace una vez se han agrupado varios paquetes en un lugar determinado y que a partir de ahí se distribuyen en la ciudad correspondiente [2].



*Figura 2. Esquema movilidad urbana*

El motivo por el que se ha decidido centrarse en la logística de última milla es porque, en una ciudad como Madrid, el transporte de mercancías supone el 10% de la flota automovilística, pero contribuye

en un 20% al tráfico, y en un 30% a la emisión de gases contaminantes [3], por lo que el impacto es considerable.

## 1.2 Logística última milla

La distribución urbana de mercancías (DUM), o de última milla, cubre el tramo entre el último lugar de almacenaje de un producto (centro de distribución en caso de ser una gran empresa) y el punto de entrega al consumidor final o al comercio minorista, y es uno de los elementos esenciales en la actividad socioeconómica de cualquier ciudad. Al mismo tiempo, ha de coexistir y compartir el espacio público con los vehículos destinados al transporte de viajeros y, debido a su volumen, afecta de manera significativa al tráfico y a la circulación en la ciudad [4].



*Figura 3. Coexistencia de la DUM con el resto de vehículos*

Una vez la mercancía se encuentra lista para ser repartida, es cuando tiene lugar la distribución de ésta hasta los puntos de consumo final. Este transporte urbano de mercancías se puede llevar a cabo gracias a proveedores de servicios de transporte y logística, o de manera propia (haciendo uso de transporte privado).

### 1.2.1 Clasificación

La logística urbana se caracteriza por su complejidad ya que en ella intervienen numerosos componentes e interacciones entre ellos. Debido a la gran variedad de operadores que intervienen en estas actividades, transportando mercancías de todo tipo y en vehículos

variados, vamos a clasificar los distintos tipos de transporte que forman parte de la logística urbana.

Esta clasificación se puede hacer según [5]:

- Tipo y motivo de los movimientos de mercancías
- Tipos de vehículos utilizados
- Tipos de mercancías distribuidas
- Duración de las entregas
- Colectivos involucrados

(Para información más detallada de esta clasificación, ir a **Anexos 1.2**).

### **1.2.2 Sectores**

Haciendo un rápido repaso de los distintos actores, podemos clasificarlos en función del sector de actividad [6]:

- HORECA (hoteles, restaurantes y catering)
- E-commerce (comercio electrónico)
- Retail alimentación y mercancías en general
- Sector médico (hospitales y farmacias)
- Gestión de residuos
- Materiales de construcción
- Prensa y estanco
- Transporte público (ya que, desde un punto de vista conceptual, transportan "algo" y su ámbito de actuación es el mismo que el resto)

Los dos primeros sectores son los que mayor impacto tienen y los que más crecimiento tienen. No obstante, es importante considerar también aquí al comercio de segunda mano, puesto que su crecimiento también está siendo muy significativo desde estos últimos años.

(Para información más detallada de estos sectores, ir a **Anexos 1.3**)



*Figura 4. Tienda que ofrece productos de segunda mano*

### 1.2.3 Impactos

La logística de última milla cobra gran relevancia como consecuencia de los impactos que provoca, los cuales son cada vez más importantes. A modo de resumen son [7]:

- La **sostenibilidad medioambiental**, puesto que aproximadamente el 25% de las emisiones totales de gases contaminantes proceden del transporte de mercancías y el empeoramiento de la calidad del aire puede comprometer la salud de más del 80% de la población española que reside en zonas urbanas.
- La **congestión urbana**, ya que el 20% del tráfico en las ciudades es provocado por los vehículos destinados al reparto de mercancías de distintos sectores. A modo de ejemplo, el negocio del e-commerce, que ha venido creciendo una media de un 23% en los últimos 10 años, implica repartos diarios de aproximadamente 1,5 millones de paquetes en España.
- La **eficiencia logística y los costes asociados** al transporte de distribución de mercancía, puesto que la última milla supone el 40% de los costes logísticos totales.

(Para información más detallada de los problemas de este sector, así como de algunas medidas que pretenden solucionarlos, ir a **Anexos 1.4**)

### 1.2.4 Habilitadores del cambio

Para poder implantar una mejora en torno a los procesos logísticos de última milla, se han identificado tres factores a tener en cuenta. Estos tres elementos son capaces de dar respuesta a los retos de sostenibilidad medioambiental, reducción de la congestión urbana y mejora de la eficiencia logística y son [7]:

- **Infraestructuras** (almacenes, lockers y zonas de carga y descarga): Gracias a ellas, se puede facilitar la capacidad de entrega al destinatario final.
- **Colaboración**: Colaborando distintas empresas del mismo sector se pueden llegar a soluciones más amplias para mejorar los servicios de entrega.
- **Tecnología**: Existen tecnologías que resultan imprescindibles integrarlas dentro del proceso de digitalización de la logística última milla para poder responder a las altas demandas de los consumidores.

(Para información más detallada de estos habilitadores del cambio, ir a **Anexos 1.5**)



*Figura 5. Ejemplo de zona de carga y descarga*

### 1.3 Industria 4.0

Una vez estudiada la movilidad urbana, así como la logística de última milla, e identificados sus principales problemas y habilitadores para el cambio, vamos a estudiar ligeramente en que consiste la industria 4.0 para servirnos de ella en la generación de conceptos que nos ayuden a solventar los problemas mencionados anteriormente.

La Cuarta Revolución Industrial, también conocida como industria 4.0, está cambiando la forma en que los negocios operan y, por lo tanto, los entornos en los que se ven obligados a competir [8].

La industria 4.0 se refiere a industria interconectada, productos y personas inteligentes relacionándose y transfiriendo información constante y a tiempo real. No es solo un proceso tecnológico, es sobre todo un proceso de cambio cultural que afecta a las personas y cómo esas personas se relacionan con la tecnología [9].

La industria 4.0 se define como la digitalización de toda la cadena de valor, desde los proveedores de una empresa hasta los clientes, pasando por su logística, su transporte, o incluso los procesos de venta y marketing [9].



Figura 6. Ilustración de la industria 4.0

Las principales tecnologías de la industria 4.0 son [10]:

- **Análisis y simulación de datos big data**, es decir, analizar en tiempo real gran cantidad de datos.
- **Inteligencia artificial (IA)**, encargada de procesar todos los datos para que sean comprensibles para el ser humano.
- **Robótica colaborativa**, capaz de trabajar en tareas logísticas y de producción de forma cada vez más autónoma.
- **Internet de las cosas (IoT)**, representa diferentes tecnologías que antes estaban desconectadas y ahora están interconectadas a través de una red basada en IP.
- **Cloud computing**, para poder usar datos y aplicaciones compartidos entre distintos sistemas en diferentes ubicaciones, es decir, almacenamiento en la nube.
- **Fabricación aditiva**, también conocido como impresión 3D.
- **Realidad aumentada**, compatible con una gran variedad de aplicaciones y servicios en diferentes campos como la medicina, la construcción, la arquitectura y la educación.

(Para más información acerca de la industria 4.0, ir a **Anexos 1.6**)

## 1.4 Logística 4.0

A la hora de aplicar este concepto a la logística nace un nuevo concepto, la logística 4.0.

Por logística 4.0 se entiende la logística más moderna, que incluye la interconexión, digitalización, la automatización, la información en la nube y la movilidad.

Las soluciones tecnológicas de la logística 4.0 se basan, además, en el uso de drones, vehículos autónomos, sensores, big data, GPS, RFID, M2M y un largo etcétera [11].

Por lo tanto, la implantación de la logística 4.0 en la distribución de mercancías conduce a la aplicación de avanzados métodos como los siguientes [12]:

- **Uso de drones o de vehículos autónomos**, sin conductor, para la entrega de los pedidos.
- **Análisis predictivo** del comportamiento de los receptores para disminuir el número de entregas fallidas.
- **Evaluación en tiempo real** de los condicionantes externos para seleccionar la mejor ruta de reparto, y adaptación instantánea de los recorridos en caso de imprevistos.
- **Detección de problemas** que puedan comprometer el buen estado de los productos antes de que estos lleguen a su destino.



*Figura 7. Ejemplo de dron repartidor*

Los beneficios de la aplicación de la logística 4.0 en el proceso de distribución última milla a destacar son [13]:

- **Los costos se verán disminuidos**, siempre y cuando los costos en inversión de la tecnificación de la industria sean en un período corto de tiempo y dichas inversiones tengan la funcionalidad esperada.
- **Los tiempos de entrega se verán reducidos**, gracias a la integración del cliente en tiempo real dentro del proceso de distribución.
- **La siniestralidad disminuye** puesto que los sistemas de información en la nube que aporta la logística 4.0 beneficiarán los procesos de trazabilidad, rastreo y seguridad tanto del vehículo como de la mercancía.
- **Los impactos medioambientales también se verán reducidos**, puesto que cada vez son más los vehículos eléctricos

que se destinan para este proceso logístico, así como las bicicletas.

(Para más información acerca de la logística 4.0, ir a **Anexos 1.7**)

## 1.5 Entorno

Una vez estudiada la industria 4.0 y las posibles tecnologías a usar, vamos a definir el entorno para el que este proyecto está pensado. Como dice el título de este trabajo, el entorno en el que este se desarrolla es un entorno urbano, de ciudad.

No obstante, a lo largo del mundo hay distintos tipos de morfologías de ciudad, pero para el presente proyecto, se ha elegido el modelo de ciudad europea, más específicamente la ciudad de Zaragoza.

En cuanto a sus características urbanas, cabe destacar su evolución histórica muy marcada, como la gran mayoría de las ciudades de los países europeos desarrollados, donde podemos encontrarnos con ciudades de hasta más de 2000 años de historia. El origen de esta ciudad es medieval, con un trazado urbano que creció sin planificación debido a que en aquellos momentos las redes de transporte no existían, y por lo tanto no hacía falta un ordenamiento en base a ello. Con el paso de los siglos, en esta ciudad crecieron zonas tanto de ensanche, para alojar a las clases pudientes que venían a la ciudad a hacer negocio, por ejemplo, así como también zonas de periferia para alojar a los barrios obreros de aquellas personas que venían a trabajar a la ciudad. Todo este crecimiento se dio a partir del siglo XIX y en muchas ciudades tanto de España como de Europa, a partir del siglo XX ya [14].

En resumen, en el centro de esta ciudad nos encontramos con un plano irregular, en el cual la distribución no es ordenada, sino que más bien está representando una especie de laberinto urbano. Aquí, los edificios se van disponiendo en las calles sin orden ni planificación, por lo que se consigue irregularidad en el trazado.

A medida que nos alejamos de este centro histórico, nos encontramos con un plano ortogonal, también denominado reticular o cuadricular, en donde la morfología urbana se representa a base de un trazado de calles totalmente rectas. Estas se cortan unas con otras, proporcionando un aspecto de orden. No obstante, hoy en día este tipo de morfología es considerado un trazado difícil para la circulación por

# Trabajo Fin de Grado | Memoria

el gran número de cruces de calles, además de ser necesarios un gran número de semáforos [15].

(Para más información acerca de entornos, ir a **Anexos 1.8**)

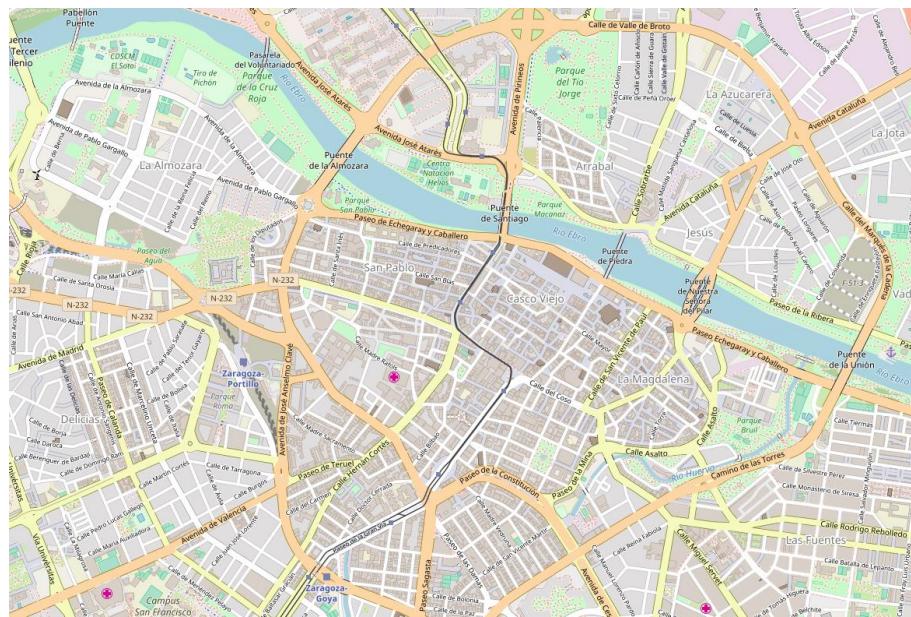


Figura 8. Mapa de Zaragoza

## 1.6 Estudio de mercado

Y para concluir la fase de investigación, vamos a ver unos cuantos ejemplos de iniciativas y propuestas que se están planteando en estos últimos años para innovar en el sector logístico de última milla.

El primer ejemplo lo encontramos en Amazon, la cual tiene patentes registradas de propuestas de distribución, como los almacenes voladores con ejércitos de drones que reparten paquetes [16], el llamado Amazon Key, donde el repartidor puede acceder temporalmente a tu casa para dejar dentro el paquete [17] o el llamado In-Car Delivery, con el que los repartidores de esta empresa pueden abrir tu coche y dejar los paquetes dentro del maletero [18].

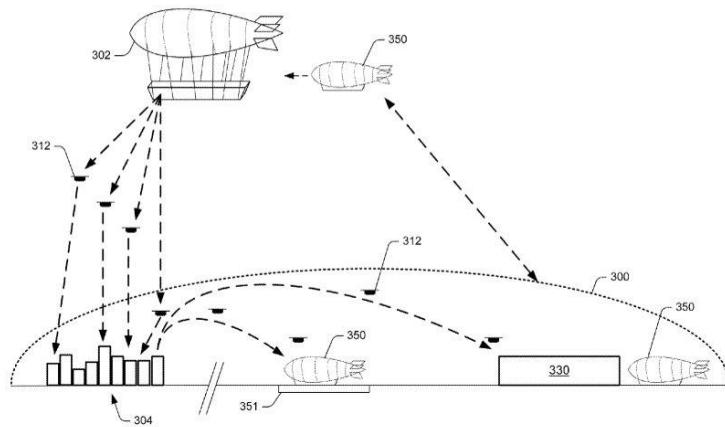


Figura 9. Patente de Amazon con almacenes flotantes

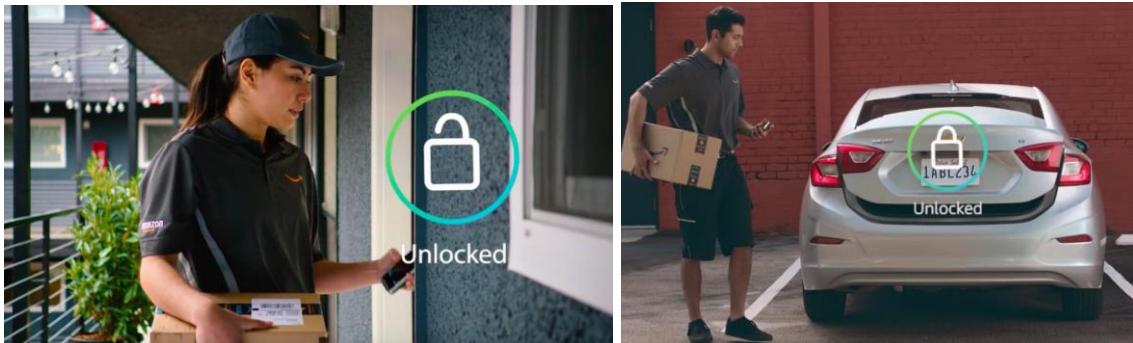


Figura 10. Servicio Amazon Key

Figura 11. Servicio In-Car Delivery

Otro ejemplo es el de DHL, una empresa cuya actividad comercial es el transporte a toda escala y por supuesto también el de última milla. Esta empresa ofrece al cliente la posibilidad de visualizar y saber dónde está el envío, además de describir en detalle el proceso o estado en el que se encuentra. Estas plataformas son automatizadas, en la nube y en tiempo real.

También hay empresas que diseñan sus propios vehículos para el reparto última milla. Algunos ejemplos son la empresa GAM, con sus vehículos de cero emisiones de la marca Tropos y Paxster [19], la empresa Electric Brands, con su vehículo eléctrico modular llamado eBussy, también conocido como XBUS [20], Scoobic, de la empresa con el mismo nombre, el cuál es un scooter 100% eléctrico capaz de transportar productos congelados [21], y otros ejemplos de vehículos autónomos como el Rinspeed Metrosnap [22] o el Nuro R2 [23].

## Trabajo Fin de Grado | Memoria

(Para información más detallada acerca de este estudio, ir a **Anexos 1.9**)



*Figura 12. Vehículo Paxster*



*Figura 13. Vehículo de Scoobic*



*Figura 14. Nuro R2*



*Figura 15. Rinspeed Metrosnap*

2

# Conceptua- lización

## 2 CONCEPTUALIZACIÓN

Una vez finalizada toda la fase de investigación y con todos estos estudios en mente, comienza la generación de conceptos.

La idea es abarcar estos campos de estudio en un mismo concepto, por lo que a la hora de plantearlos, hay que tener en cuenta que sea un vehículo capaz de moverse por la ciudad, más específicamente una ciudad europea, que sea sostenible medioambientalmente, que sea capaz de abastecer sectores como HORECA o e-commerce, que use tecnología de la industria 4.0, etc.



Figura 16. Bocetos de ejemplo

## 2.1 Concepto 1:

Vehículo modular con varias configuraciones del contenedor para adaptarlo a las distintas mercancías. Estos contenedores van situados sobre un chasis reforzado para permitir mayor carga en caso de ser necesario. Al ser varios los modelos de contenedores pueden usarse contenedores con temperatura controlada, contenedores divididos en secciones, contenedores frigoríficos, contenedores de techo descubierto, etc. Sería básicamente un vehículo multiusos para empresas de distintos sectores.

Una característica adicional es que de este vehículo se pudiera desmontarse parte de su zona de carga para extraer una bicicleta de carga o incluso una transpaleta, para así poder llevar más cómodamente la mercancía a lugares donde la furgoneta no pueda acceder o tenga problemas para ello. Es decir, que pueda extraerse mecánicamente un vehículo adicional para facilitar el transporte de la mercancía durante los últimos metros de la entrega.

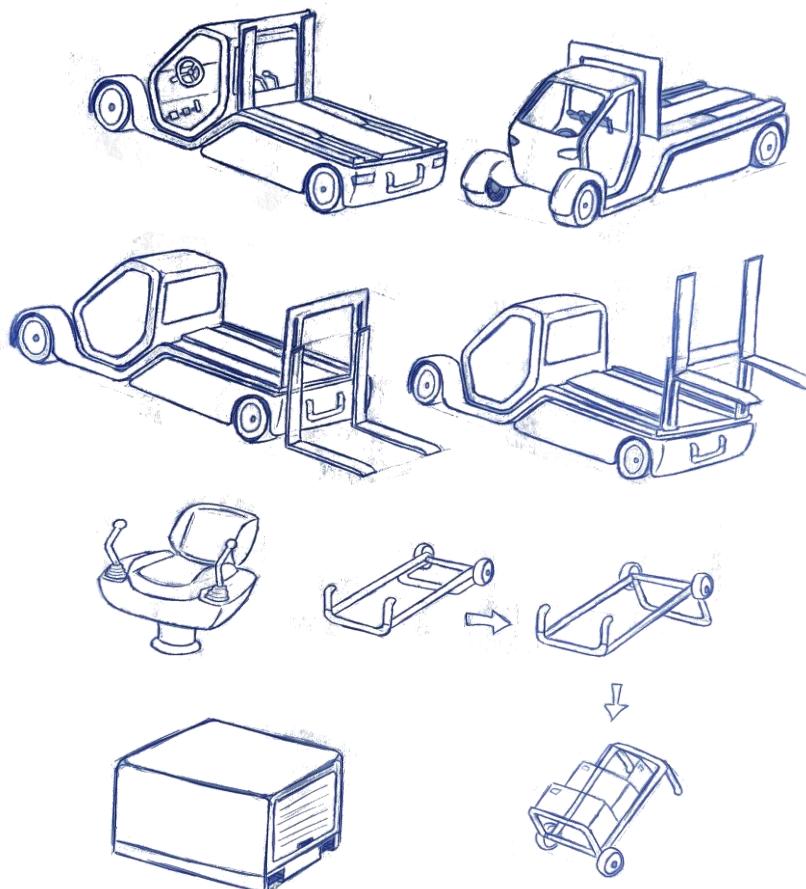


Figura 17. Bocetos concepto 1

## 2.2 Concepto 2:

Robot autónomo que acompaña al repartidor en sus tareas de entrega. La furgoneta iría hasta un punto próximo a la entrega de fácil acceso y entonces el robot, que en ese primer tramo iría dentro de la furgoneta, finalizaría junto con un repartidor humano el último tramo de la entrega, con la ventaja de que así no es el repartidor quien tiene que cargar con la mercancía.

Otra opción sería tener a varios empleados con sus respectivos robots por la ciudad repartidos, donde recogerían en puntos determinados la mercancía de la furgoneta, la cual estaría “dando vueltas por la ciudad” a través de los distintos puntos de quedada con estos robots para entregar la mercancía que tienen que repartir; es decir, la furgoneta circularía por una ruta general a través de los distintos puntos de quedada, y los robots acompañados por humanos harían el último tramo, que suele ser el más complicado.

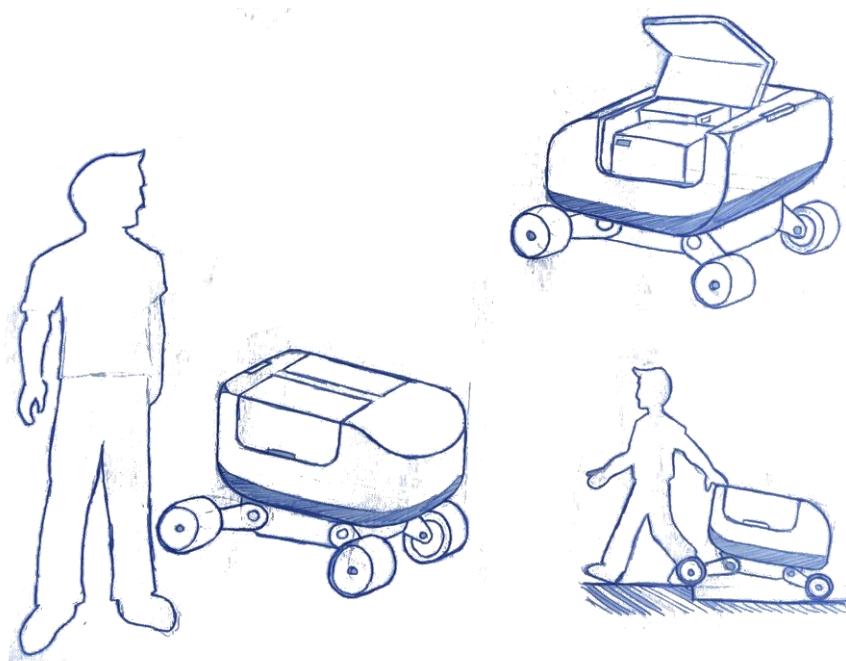


Figura 18. Bocetos concepto 2

### 2.3 Concepto 3:

Vehículo del cual salen drones desde su parte superior para el reparto de paquetería. Para el reparto, el vehículo se acercaría lo máximo posible al punto de entrega (ya que los drones tienen una autonomía limitada) pero evitando que el vehículo tuviese que meterse por según qué zonas de la ciudad y evitar tener que estacionar en doble fila o buscar un aparcamiento libre. Una vez el dron realizase la entrega, volvería al vehículo, es decir, no sería el vehículo el que fuese a recoger al dron, para lo cual una IA diseñaría una ruta óptima para que el vehículo no tuviese que desviarse de su camino y realizase todas las entregas, pero que permitiese que el dron alcanzase al vehículo durante su trayecto.

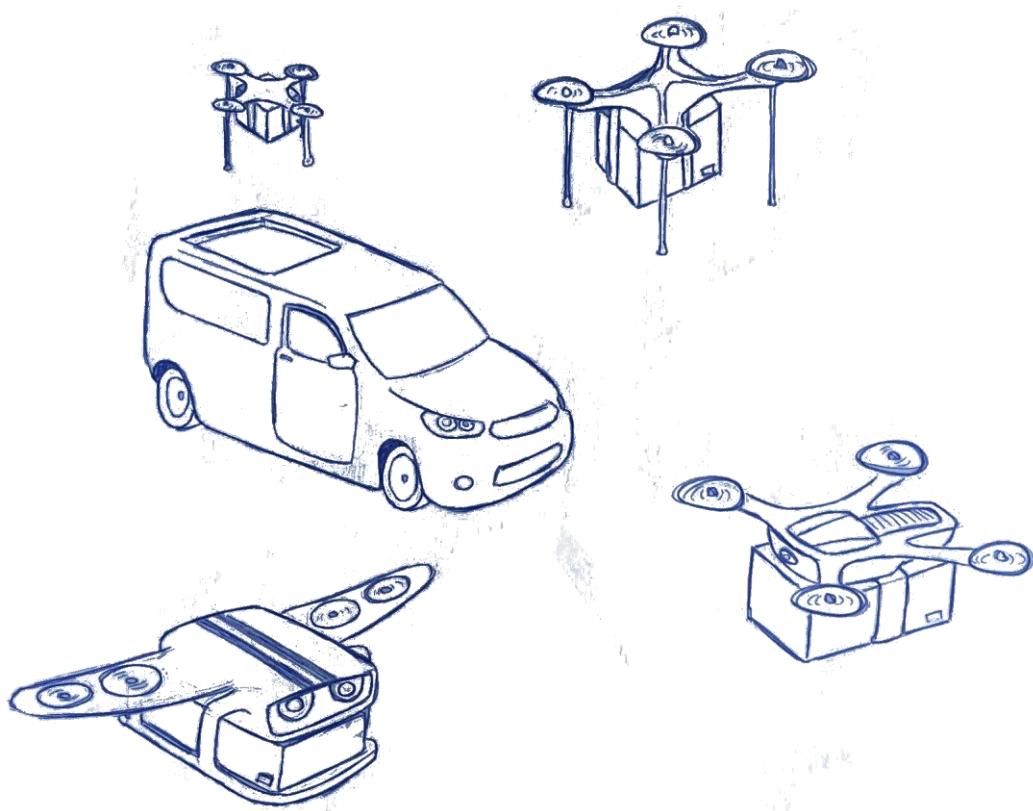


Figura 19. Bocetos concepto 3

## 2.4 Concepto 4:

Vehículo de reparto que circula por una ruta predeterminada, como el autobús circular, pero por una ruta más céntrica.

Para dejar los pedidos, se instalarían lockers en determinados puntos de la ruta de este vehículo (como las paradas del tranvía), donde la gente podría recoger sus pedidos en el locker que más cerca esté de su domicilio o en tiendas cercanas que actuarían como puntos de recogida. También habría lockers en los que la gente pudiese depositar paquetes de segunda mano, los cuales serán recogidos por este vehículo y llevados al centro de distribución.

Para diseñar la ruta, se tendrían en cuenta las principales carreteras de la ciudad, pero estudiando cuáles resultarían más favorables para evitar congestiones.

Siendo que la ruta de este vehículo es siempre la misma, podría utilizarse tecnología donde los vehículos se recargan de manera inalámbrica mediante inducción electromagnética mientras están en funcionamiento para así abaratizar costes y evitar tener que recargarlos.

Sin embargo, se decidió hacer unas modificaciones. Estas consisten en que, en vez de utilizar un vehículo de reparto que circule por la carretera, sería mejor idea realizar un vagón de tranvía adaptado para llevar mercancía, para que, de esta forma, aparte de usar la infraestructura ya existente del tranvía de Zaragoza (con algunas pequeñas modificaciones), evitarnos problemas en la carretera como congestión urbana, accidentes y ruidos.

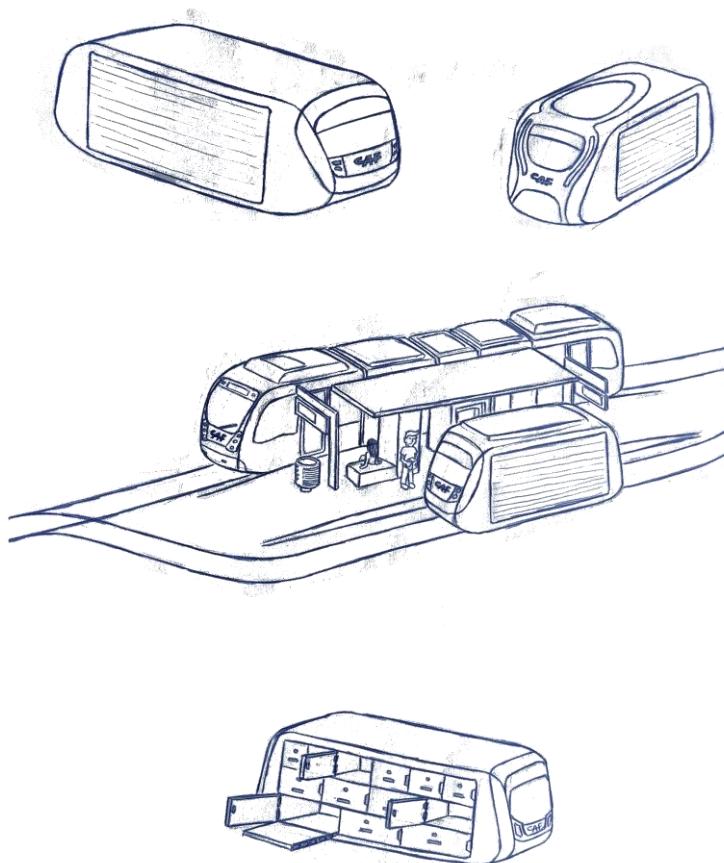


Figura 20. Bocetos concepto 4

## Trabajo Fin de Grado | Memoria

Tras plantear los conceptos al tutor de este trabajo, así como a personal experto en logística, se llegó a la conclusión de que el concepto 2 y el concepto 4 eran los más viables y las mejores opciones.

No obstante, en el concepto 4 se volvieron a realizar cambios, en los cuales, en vez de tener un vehículo adicional circulando por las vías del tranvía, sería más sencillo y eficaz desarrollar un vagón adicional que se conecta al propio tranvía.

Así pues, el concepto finalmente elegido es un concepto doble que consiste en un vagón de tranvía adaptado que básicamente es un locker móvil que se va desplazando por toda la ciudad de Zaragoza, parando en las paradas del tranvía para que la gente pueda recoger o depositar sus paquetes en su parada más cercana, junto con un robot de reparto que acompaña a los repartidores para entregar la mercancía a domicilio desde este locker móvil en caso de que alguien no quiera/pueda ir hasta la parada del tranvía y prefiera recibir directamente en casa su paquete. Este robot es un asistente del repartidor y se encarga de llevar los paquetes para que el repartidor no tenga que cargar con ellos.

3

# Desarrollo

## 3 DESARROLLO

A continuación, se van a desarrollar estos dos conceptos hasta el punto en el que puedan representarse y entenderse.

El primero de ellos va a ser el del vagón adicional del tranvía, llamado Locker móvil, y a continuación, el robot que acompaña al repartidor, llamado Delivery Assistant.

### 3.1 Locker móvil

#### 3.1.1 Explicación del concepto

Este concepto consiste en un módulo/vagón adicional que se conecta al tranvía de Zaragoza. Dicho vagón no transporta personas, sino que contiene un locker con mercancía a entregar.

Esta mercancía puede ser tanto mercancía que las personas esperen recibir como mercancía que la gente quiera depositar para que sea transportada.

El locker irá recorriendo las distintas paradas una por una a lo largo del día para que las personas de distintos puntos de la ciudad de Zaragoza tengan un fácil acceso a este a la hora de recoger sus pedidos en la parada más cercana.

#### 3.1.2 Funcionamiento

Se cuenta únicamente con un vagón, el cual irá enganchado en un solo tranvía. Este tranvía dejará el locker del interior del vagón en la primera parada disponible y el tranvía seguirá su camino con el vagón adicional enganchado a él, pero sin nada en su interior.

Cuando el tranvía haya dado toda vuelta a la ciudad y vuelva a pasar por la parada donde está el locker, este será recogido y transportado hasta la siguiente parada para dejarlo allí.

Durante el tiempo que el locker se encuentre en cada parada, la gente podrá recoger o depositar sus pedidos. Este tiempo dependerá del tiempo que al tranvía le cueste dar una vuelta completa a la ciudad. Suponiendo que al tranvía le cuesta 35-40 minutos recorrer la ciudad, el tiempo que transcurre hasta que el tranvía vuelve a la misma parada en la que ha depositado el locker es el doble, es decir, unos 70-80 minutos.

Teniendo en cuenta que hay 32 estaciones de tranvía en Zaragoza en las que se podría depositar el locker, si se dejase en todas ellas a lo largo del día, harían falta 42 horas aproximadamente para que el locker pasara por todas ellas, por lo que se ha decidido que este no se dejará en todas las estaciones, solamente en algunas de ellas. Esto tampoco supone un impedimento ya que la distancia media entre paradas es de 500 metros, por lo tanto, hay paradas que están prácticamente juntas, y tener que adaptar todas las paradas para poder depositar el locker sería totalmente innecesario, además de más caro.

(Para ver información acerca del tranvía de Zaragoza, ir a **Anexos 2.1.1**)

### 3.1.3 Paradas del tranvía

A la hora de pensar en que paradas podría dejarse el locker, hay que tener en cuenta algunos aspectos importantes como por ejemplo qué porcentaje de la población reside cerca de determinadas paradas, si las paradas cuentan actualmente con espacio suficiente para depositar el locker sin entorpecer el tránsito de personas o vehículos o la distancia entre paradas consecutivas, entre otras cosas.

En primer lugar, se ha determinado por qué barrios circula el tranvía de Zaragoza, para ver qué cantidad de la población de Zaragoza reside en ellos. Los datos obtenidos son los siguientes [24]:

| Distrito           | Nº de habitantes | Densidad de población (hab/km <sup>2</sup> ) |
|--------------------|------------------|--|
| Distrito Sur       | 39217            | 648  |
| Casablanca         | 10226            | 1796   |
| Universidad        | 50342            | 16669  |
| Centro             | 53045            | 29329  |
| Casco Histórico    | 46930            | 23649  |
| Actur-Rey Fernando | 58074            | 6005   |

*Figura 21. Datos de habitantes por barrio de Zaragoza*

Como podemos ver, la mayor parte de la población se encuentra principalmente en la zona Centro y Casco Histórico junto con Universidad, así como Actur-Rey Fernando.

Por otro lado, se ha estudiado si las paradas contaban con el espacio suficiente para poder dejar el locker en ellas sin resultar un obstáculo.

## Trabajo Fin de Grado | Memoria

Así pues, en función del espacio disponible de cada una, las siguientes paradas podrían ser candidatas para poder depositar el locker:

- Mago de Oz (ambas direcciones)
- Un Americano en París / Cantando Bajo la Lluvia
- La Ventana Indiscreta / Los Pájaros
- Los Olvidados ambas direcciones)
- Emperador Carlos V (ambas direcciones)
- Plaza San Francisco (ambas direcciones)
- Fernando el Católico (ambas direcciones)
- Gran Vía (ambas direcciones)
- Plaza Aragón (tranvía dirección norte)
- Cesar Augusto (tranvía dirección norte)
- María Montessori / Martínez Soria
- León Felipe / Rosalía de Castro
- Pablo Neruda / Clara Campoamor
- Adolfo Aznar / Legaz Lacambra
- García Abril / Margarita Xirgú

Cabe destacar que en no todas las paradas podría dejarse el locker con el espacio con el que cuentan, por eso en algunas paradas pone entre paréntesis “tranvía dirección norte”, para recalcar que, en esas paradas, sólo habría espacio para que dejase el locker el tranvía que se dirigiese en dirección al norte, es decir, hacia Avenida de la Academia. En el resto de las paradas que pone “ambas direcciones” se refiere a que el locker puede ser dejado tanto por el tranvía que va en dirección norte como el que va en dirección sur.

Para simplificar el proyecto, abaratar costes y también ahorrar el proceso de adaptación de ciertas paradas, se van a eliminar algunas de estas.

Para esta eliminación se ha tenido en cuenta paradas que se encuentran demasiado cerca las unas de las otras, además de algunas paradas que se encuentran en zonas de menor población que otras.

Así pues, se van a eliminar las siguientes paradas:

- Mago de Oz
- Un Americano en París / Cantando Bajo la Lluvia
- Plaza San Francisco
- Gran Vía
- León Felipe / Rosalía de Castro
- Adolfo Aznar / Legaz Lacambra

## Trabajo Fin de Grado | Memoria

Por lo tanto, las paradas en las que podrá encontrarse el locker son las que se indican en la siguiente imagen que representa la ruta del tranvía de Zaragoza:

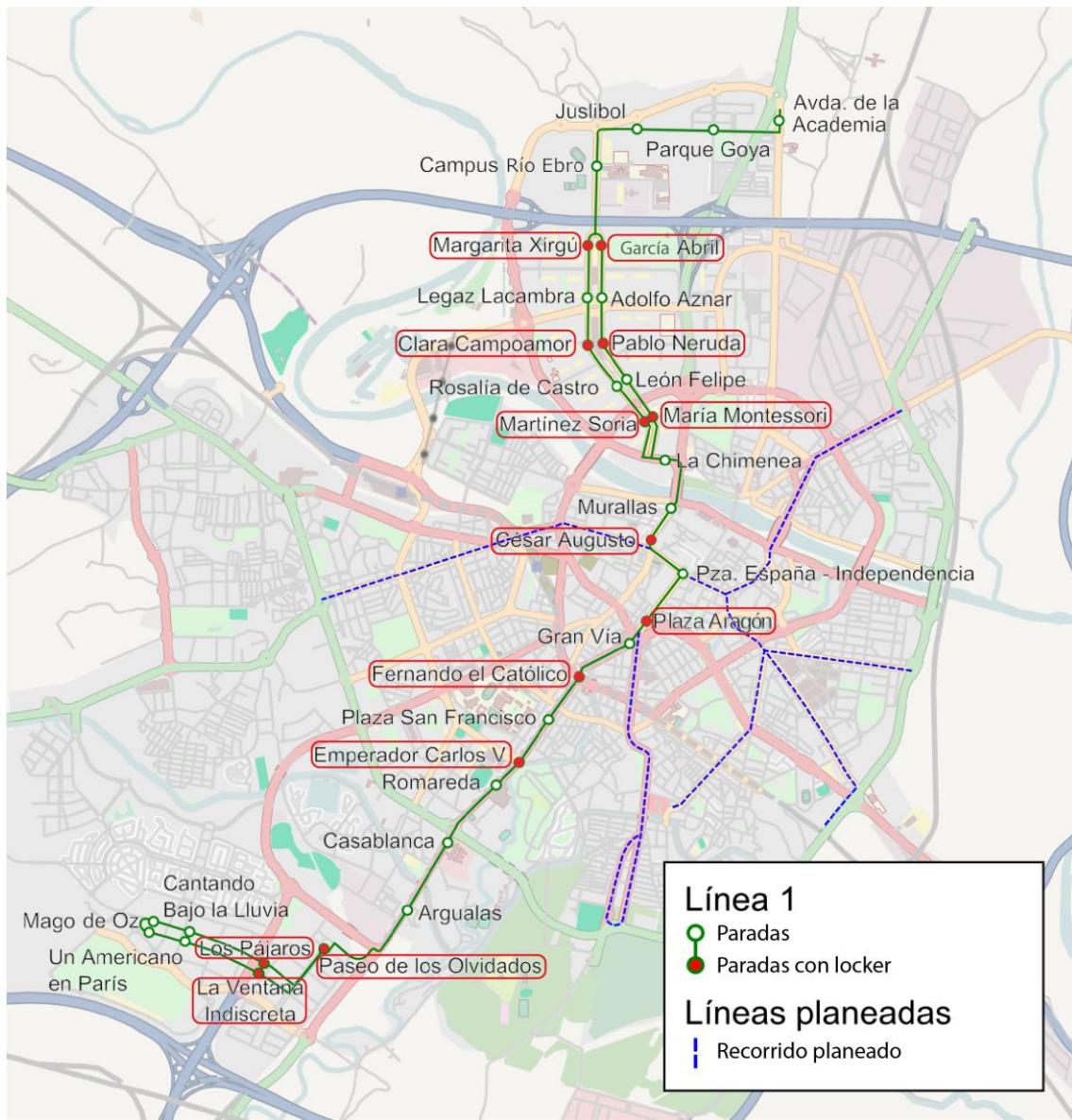


Figura 22. Mapa del tranvía de Zaragoza con las paradas del locker

### 3.1.4 Locker

Un locker es una taquilla o casilla de autoservicio que ofrecen las empresas de paquetería y mensajería como Amazon, Correos, UPS o Seur, para que los usuarios puedan ir a recoger sus paquetes cuando les sea más oportuno, sin necesidad de estar pendientes en casa o en la oficina de la llegada del mensajero o transportista para su recepción.

## Trabajo Fin de Grado | Memoria

Estas taquillas utilizan sistemas digitales avanzados de apertura para que los clientes puedan acceder a ellos de forma personalizada. Cada pedido se asocia a un locker que solo podrá abrir el usuario o destinatario del mismo.

(Para ver información del estudio de mercado de lockers, ir a **Anexos 2.1.2**)

El motivo de no usar lockers ya existentes de empresas es porque algunas de ellas solo permiten usarlos si el producto a entregar ha sido comprado en esa misma empresa, y como no queremos cerrarnos mercado, preferimos diseñar uno propio para que pueda utilizarlo cualquiera independientemente de donde haya comprado el artículo que va a recibir.

Para el locker que se va a utilizar en este concepto se ha investigado distintos catálogos de varias empresas que fabrican todo tipo de taquillas, en especial, taquillas inteligentes que es lo que nosotros estamos buscando.

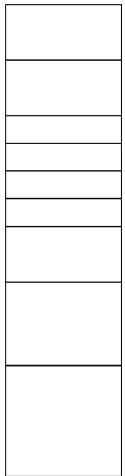
Una taquilla inteligente, como su propio nombre indica, es una taquilla que se puede instalar a modo de buzón en diferentes localizaciones para gestionar la recepción de paquetería o mensajería y cuya apertura sólo es posible a través de un código que conocen únicamente la empresa que envía y la persona que debe recibir el envío.

Lo primero es elegir qué dimensiones nos gustaría que tenga, para lo cual se ha escogido 500 x 900 x 1930 mm por columna, y cada una cuenta con 17 espacios útiles pudiendo hacer combinaciones con puertas de diferentes tamaños hasta completar la totalidad de los espacios de cada módulo.

Una vez decidido el tamaño, vamos a elegir las configuraciones, es decir, la posición donde colocar las distintas puertas, teniendo en cuenta la comodidad para acceder a su interior dependiendo de su posición y tamaño.

Se van a utilizar 4 tamaños distintos de taquillas, cuyo tamaño de anchura y profundidad son constantes, el único factor que cambia entre un tamaño y otro es la altura.

Para este locker se va a usar la siguiente configuración, donde cada cuadrado representa una taquilla:



*Figura 23. Configuración taquillas*

Los motivos que han llevado a esta configuración son que las taquillas más pequeñas y las semi-medianas serán las que más se utilicen, por lo que han de tener un acceso más fácil, rápido y cómodo. Por otro lado, las taquillas con los dos tamaños más grandes se han colocado debajo porque al ser más voluminosas y/o pesadas, resultaría más peligroso cogerlas si estuviesen situadas más arriba, de esta forma, están más cerca del suelo cuando las saques, aparte de requerir menos esfuerzo para ello.

Esto que hemos visto equivale a una columna, sin embargo, para nuestro locker harán falta un total de 5. No obstante, debido a que según la parada en la que se encuentre, se deberá de acceder por un lado o por el otro, debemos hacer que se pueda recoger la mercancía por ambas caras para que, en caso de no poder acceder a una de ellas, poder hacerlo por el otro lado. Por ello, se ha decidido colocar otras 5 columnas por detrás de forma simétrica, haciendo un total de 10. De este modo, si un cliente ha solicitado recoger su pedido en una parada determinada, su pedido se introducirá en una taquilla que esté en el lado correspondiente en función de la parada que sea.

El tamaño total del conjunto de este locker es de 2500 x 1800 x 1930 milímetros.

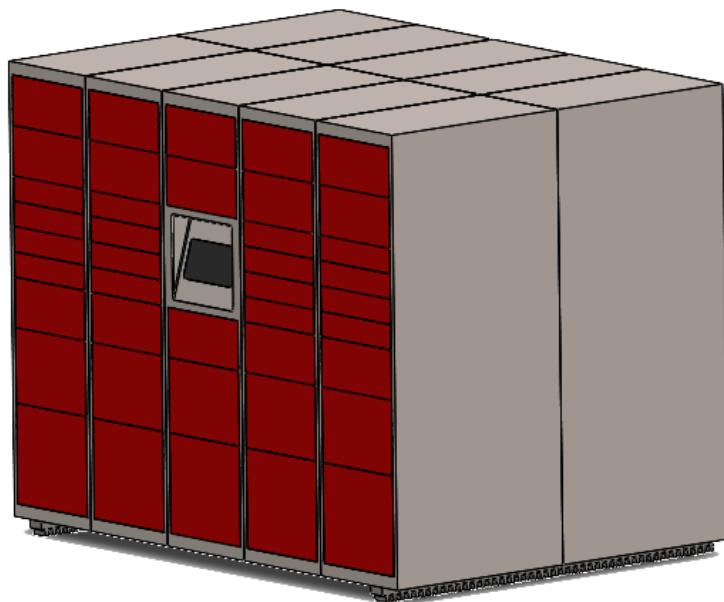
Todas estas columnas serán iguales a excepción de la columna que se encuentre en el centro de cada lado, la cual, en vez de tener las 4 taquillas del tamaño más pequeño, tendrá una pantalla de control desde la cual los clientes podrán desbloquear su taquilla.

## Trabajo Fin de Grado | Memoria

Para los colores, se van a escoger los colores del tranvía de Zaragoza, gris para el cuerpo y rojo para las puertas, para transmitir que forman parte del mismo sistema.

(Para más información del locker, ir a **Anexos 2.1.3**)

Así pues, el resultado final de nuestro locker es este:



*Figura 24. Vista del locker*

### 3.1.5 Vagón

Para poder llevar este locker a las distintas paradas disponibles, hace falta un vagón que se encargue de transportarlo, depositarlo y recogerlo.

Este vagón, se ha diseñado de forma simétrica para que pueda salir el locker por ambos lados del vagón, ya que en función de la parada en la que se deposite, deberá de salir por un lado o por otro.

Para diseñar este vagón, aparte de tener en cuenta la estética del tranvía, también se han tenido en cuenta sus proporciones y dimensiones, pero modificando estas ligeramente para hacerlo algo más pequeño.

También se ha tenido en cuenta la altura del andén, o lo que es lo mismo, la altura de acceso al tranvía. Esta altura hace que la base de los vagones y el andén estén al mismo nivel, para que, en caso de entre alguien en silla de ruedas o con un carrito de bebé, no tenga que sortear ningún desnivel. Esto mismo se aplica a nuestro vagón, puesto que, estando la altura de acceso a la distancia correcta, el locker no tendrá que sortear ningún desnivel y su salida y entrada al vagón será de forma totalmente horizontal y recta.

Respecto a la forma de acople al tranvía, esta se hace de igual forma en que se acoplan dos tranvías en la actualidad cuando hay que solventar demandas altas de viajeros u operaciones de rescate y remolcado en caso de avería de un tranvía.

Para ello, los tranvías cuentan tanto en su cabina delantera, como en la trasera, con enganches automáticos ocultables que permiten una rápida conexión/desconexión mecánica, eléctrica y neumática de unidades para formar unidades múltiples [25].



*Figura 25. Acople del tranvía de Zaragoza*

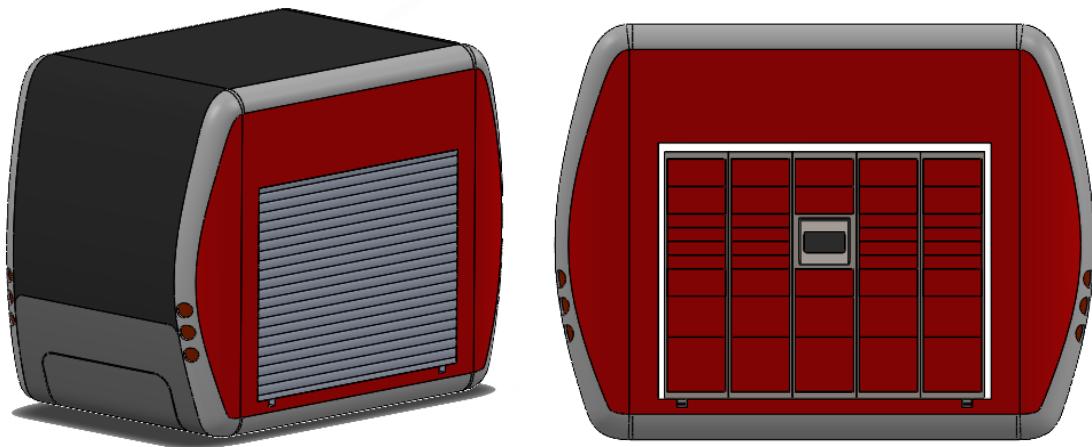
Nuestro vagón también dispone de estos acoplos ocultos tanto en su parte delantera como trasera, para poder engancharse al tranvía que vaya a transportarlo.

Para proteger el contenido del interior del vagón, se usarán unas puertas del tipo persiana enrollable para que, al abrirse, no sobresalgan por los extremos del vagón y que no puedan resultar peligrosas.

Los colores elegidos son el gris, el negro y el rojo, al igual que el tranvía.

(Para más información del vagón, ir a **Anexos 2.1.4**)

El resultado final del vagón es este:



*Figura 26. Dos vistas del vagón (con la puerta cerrada y abierta)*

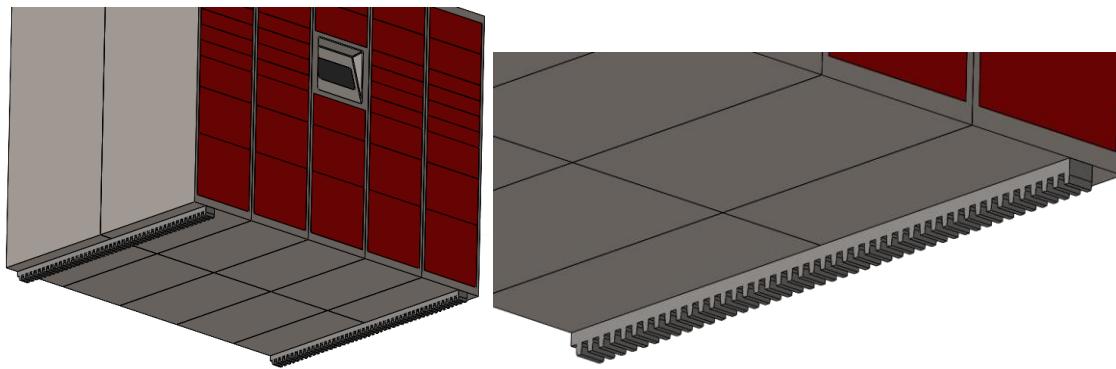
### **3.1.6 Salida/entrada del locker**

La salida y entrada del locker del vagón se realiza de forma mecánica. La forma en la que se realiza esta acción es mediante un mecanismo de piñón-cremallera.

Para ello, hace falta adaptar tanto el vagón y el locker, como los andenes de las paradas del tranvía.

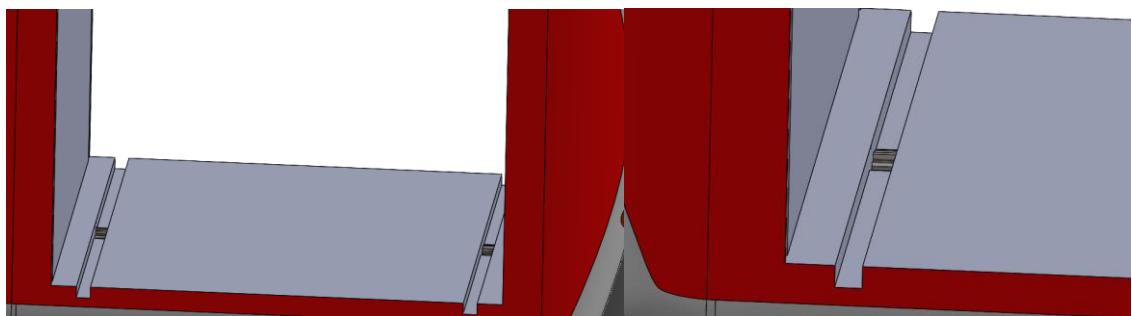
Por un lado, tanto el vagón como el andén tienen un piñón con un motor que hará girar dicho piñón. Este piñón, con su movimiento circular, hace que el locker, que en este caso es la cremallera, se mueva con un movimiento rectilíneo, desplazándolo longitudinalmente.

Para hacer esto posible, hay que adaptar el locker, puesto que este no lleva incorporada de serie la cremallera. Simplemente basta con adaptar la base de este, fijando una cremallera a cada lado en su parte inferior para que cada motor del piñón tenga que realizar menos esfuerzo.



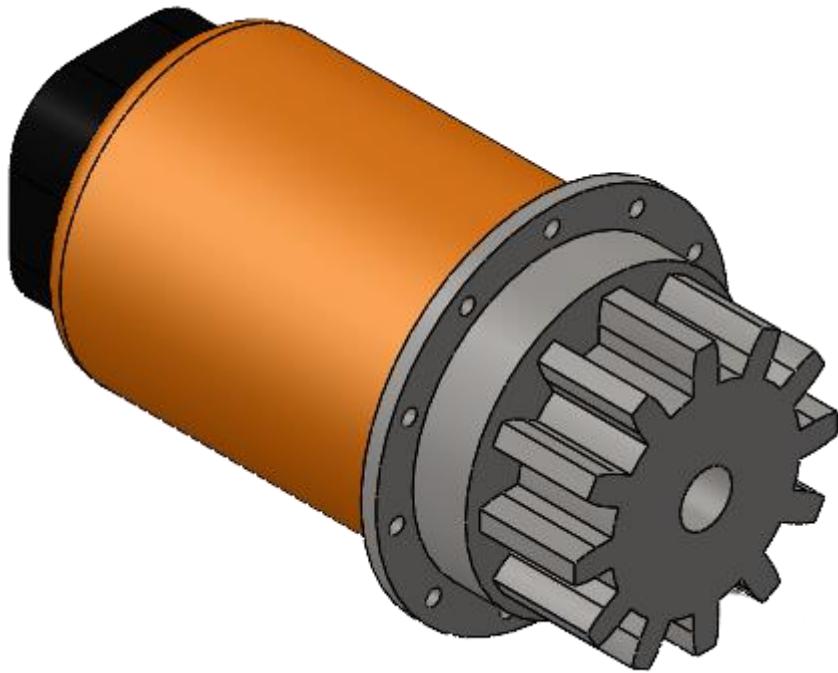
*Figura 27. Parte inferior del locker*

Por otro lado, el vagón tiene en su interior dos piñones con motor, uno a cada lado. Contiene también dos guías por las que circulan las cremalleras del locker. En la zona central de estas guías hay una pequeña abertura por la que sobresalen los piñones para poder estar en contacto con las cremalleras y de esta forma transmitir el movimiento.



*Figura 28. Detalle de las guías del interior del vagón*

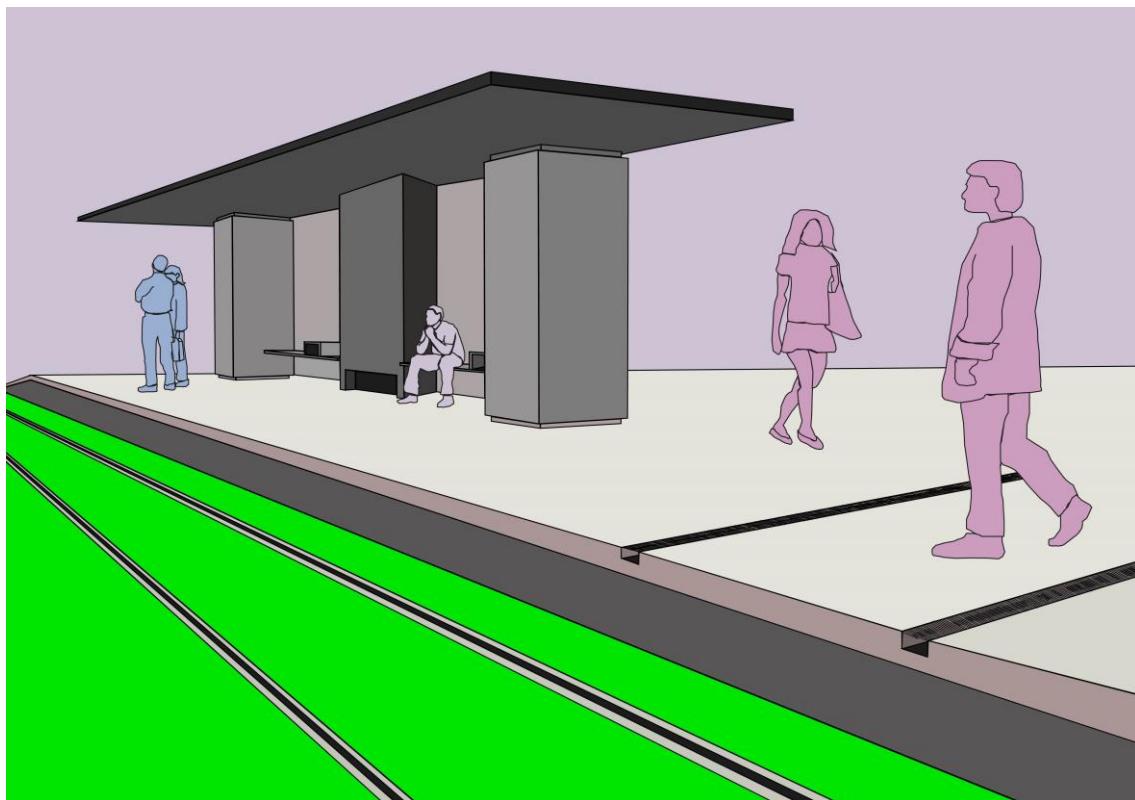
Estos piñones pueden girar en ambos sentidos, para poder dejar el locker en cualquier dirección en función de la parada en la que se encuentre.



*Figura 29. Ejemplo del motor y piñón usados*

Finalmente, con los andenes ocurre lo mismo que con el vagón, tienen dos guías en el suelo por las que circulan las cremalleras del vagón, sobre las cuales sobresale ligeramente los piñones del andén (que están por debajo del nivel del suelo de la calle) para poder llevar el locker hasta su estacionamiento correspondiente en la parada.

Estas guías, las cuales están en plena calle al igual que las vías del tranvía, están protegidas por tiras de escobillas para impedir que la gente pueda accidentarse con ellas y también para evitar que se introduzca suciedad. En caso de lluvia, las guías presentan un nivel inferior ligeramente inclinado para expulsar el agua de dentro en dirección a las vías. La anchura de estas guías es de 7,5 centímetros, lo suficientemente anchas para permitir una cremallera que pueda soportar el esfuerzo necesario para desplazar el locker, pero lo suficientemente estrechas para no resultar un peligro para los peatones que circulen por la zona en la que se encuentren.



*Figura 30. Parada de tranvía con las guías*

Cabe destacar que mientras el locker esté saliendo o entrando en el vagón, habrá un aviso sonoro para avisar del movimiento de este a la gente que pueda estar pasando por el andén, de forma similar al sonido que hace el tranvía cuando está circulando para avisar de su presencia a la gente que pueda estar cruzando las vías.

(Para más información de este apartado, ir a **Anexos 2.1.5**)

### 3.1.7 Medidas generales

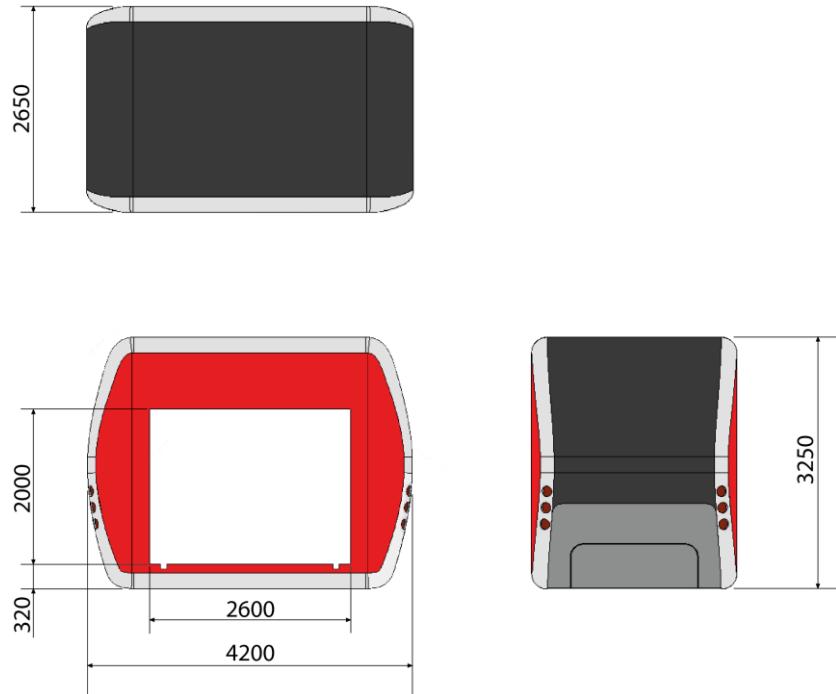


Figura 31. Medidas generales del vagón

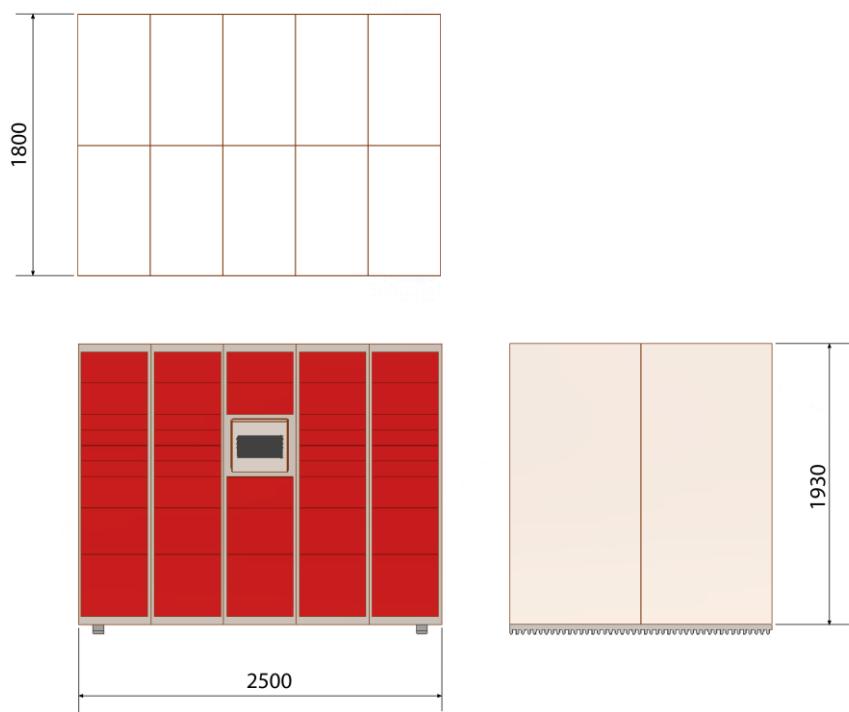


Figura 32. Medidas generales del locker

(Para ver los planos de este concepto, ir a **Anexos 3**)

## 3.2 Delivery Assistant

### 3.2.1 Explicación del concepto

Este concepto consiste en un robot móvil que acompaña al repartidor en la tarea de transportar la mercancía desde el locker situado en las paradas del tranvía hasta el punto de entrega al cliente.

Esta opción está disponible para todo aquel que no quiera o no pueda ir hasta dicho locker, por lo que un repartidor será el encargado de transportar dicha mercancía con la ayuda de un robot móvil que seguirá al repartidor, con capacidad para llevar varios paquetes en caso de que el repartidor tenga que realizar varios pedidos simultáneos o cargar con un paquete lo suficientemente pesado como para hacerlo de forma manual.

### 3.2.2 Estudio de mercado

Para conocer un poco mejor cómo podría desarrollarse este concepto se va a estudiar de forma general algunos robots similares con funciones semejantes al del presente proyecto, el de repartir a domicilio.

Algunos ejemplos de estos robots son: Starship Robot, Kiwi Robot, SameDay Robot, Amazon Scout y Serve.

(Para información más detallada de estos robots, ir a **Anexos 2.2.1**)

Todos estos ejemplos presentan una característica común, y es que estos son robots autónomos. Actualmente esto supone una desventaja, puesto que las restricciones en las legislaciones impiden que los avances en vehículos autónomos sean implantados con mayor agilidad.

De hecho, todos estos robots comentados anteriormente operan principalmente en Estados Unidos, pero la legislación europea es distinta, por lo que, de momento, estos no son una opción viable en países como España.

El concepto de este trabajo, por el contrario, pese a circular sin ser manejado por ninguna persona, siempre irá acompañado por una a la cual sigue, por lo que no se trataría exactamente de un vehículo autónomo, ya que, según la definición técnica, “Un vehículo autónomo es un automóvil capaz de desplazarse sin la necesidad de intervención

humana” [26]. Este concepto trata más exactamente de un robot semiautónomo, puesto que puede navegar por sí mismo, pero al mismo tiempo recibe control remoto de un ser humano.

Como conclusión, podemos comprobar que nuestro concepto es innovador, por lo menos a nivel nacional, y que para desarrollar nuestro propio robot hemos de tener en cuenta tres principales factores, los sensores del robot, su chasis, y el contenedor donde irá la mercancía a entregar.

### 3.2.3 Sensores

El robot debe de ser capaz de seguir al repartidor y de detectar la presencia de obstáculos en su trayectoria.

Para que el robot sea capaz de seguir al repartidor, primero debe visualizarlo. Para dotar al robot de los sentidos necesarios para percibir el entorno que le rodea hay varias tecnologías disponibles, encargadas de hacer que el robot sea capaz de detectar a la persona que debe seguir y los posibles objetos que puedan interferir en su camino.

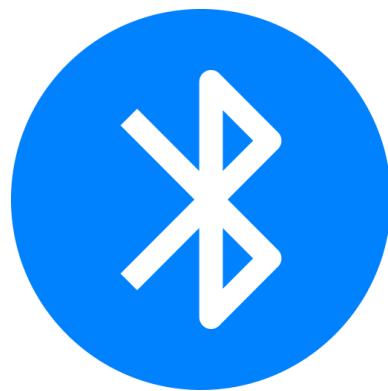
Para ello contamos con sensores, cuya función es la de adquirir información del entorno y transmitirla a la unidad de control del robot. Los sensores constituyen el sistema de percepción del robot, es decir, facilitan la información del mundo real para que el robot la intérprete.

Se ha realizado un estudio de distintos tipos de sensores y tecnologías que pueden aplicarse para esta función que estamos buscando (esta información está disponible en **Anexos 2.2.2**), no obstante, en este documento de memoria, solamente vamos a reflejar la opción finalmente elegida.

Como hemos comentado, el robot necesita ser capaz de realizar dos funciones, por un lado, detectar al repartidor en todo momento para ser capaz de seguirlo, y, por otro lado, detectar obstáculos en su camino para evitar colisionar con ellos.

Para la primera función se va a hacer uso de la tecnología Bluetooth.

El Bluetooth es un protocolo de comunicaciones que sirve para la transmisión inalámbrica de datos entre diferentes dispositivos que se hallan a corta distancia, dentro de un radio de alcance que, generalmente, es de diez metros [27].



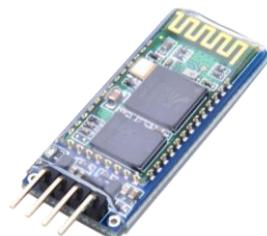
*Figura 33. Logo Bluetooth*

Las posibilidades que ofrece la tecnología Bluetooth son numerosas e interesantes, en especial gracias a su fácil transmisión de datos. Algunos ejemplos de sus aplicaciones son la transmisión de archivos, contactos, fotos, etc. entre distintos dispositivos. Por otro lado, también hace posible la conexión inalámbrica entre productos y accesorios tecnológicos, como en el caso de las videoconsolas que incorporan esta tecnología, las cuales pueden hacer uso de mandos sin cables conectados a ellas.

Gracias a esta última característica de la tecnología Bluetooth, se nos da la posibilidad de incorporar una función extra en nuestro robot, y es la capacidad de poder controlarlo manualmente a través del smartphone.

Esta opción puede resultar útil para que el repartidor, cuando así lo considere en caso de emergencia, pueda activar este modo “manual” para manejar él mismo al robot, como por ejemplo para conducirlo hacia adentro de un portal o para sortear algún difícil obstáculo que se presente en el camino.

Para que la conexión vía Bluetooth entre el robot y el smartphone del repartidor sea posible, será necesario un módulo Bluetooth HC que irá conectado sobre una placa Arduino, no importa cuál. Un ejemplo podría ser el módulo Bluetooth HC-06.



*Figura 34. Módulo Bluetooth HC-06*

Por otro lado, como ya hemos comentado, el robot ha de ser capaz de detectar obstáculos en su camino para así poder sortearlos, ya sea él mismo, o a través de la función “manual” que se acaba de comentar. Para esta función se va a hacer uso de un sensor de ultrasonidos.

El funcionamiento de estos es simple: el sensor dispone de dos pequeños cilindros, uno de ellos trabaja como emisor y el otro como receptor. El primero emite ondas ultrasónicas, inaudibles para el ser humano debido a su alta frecuencia, mientras que el segundo espera a que dicho sonido rebote sobre objetos y vuelva. Como se conoce la velocidad del sonido y es posible conocer el tiempo que ha tardado en rebotar la onda, se puede saber la distancia a la que se encuentra el objeto u obstáculo.

Gracias a esto, el robot puede ser capaz de detectar un obstáculo delante de él que está aproximándose, para de este modo detenerse y/o modificar su trayectoria.

Un ejemplo de sensor ultrasónico podría ser el sensor HC-SR04.



Figura 35. Sensor de ultrasonidos HC-SR04

### 3.2.4 Chasis

Para dotar de movimiento al robot hace falta un chasis que incorpore todos los elementos necesarios, como el motor o las ruedas. Además, este también incorporará los sensores en su interior. Puesto que solo necesitamos un sensor de ultrasonidos y un módulo Bluetooth, estos se incorporarán en la placa base del chasis.

Para ello se va a realizar una búsqueda de chasis comerciales que puedan encajar con nuestro diseño, los cuales han de cumplir una serie de características respecto a los distintos elementos que contendrá. Estos elementos son los siguientes:

### 3.2.4.1 Motor

Existe una gama bastante amplia de motores dependiendo de su empleo; los más utilizados en la robótica móvil son los motores de corriente continua/directa (CD), por el hecho de que su modelo es lineal, lo que facilita su control.

Dentro de los motores de CD, existen dos tipos: con escobillas y sin escobillas. Ambos tipos de motores brindan ventajas semejantes, sin embargo, los motores sin escobillas tienen algunas ventajas significativas que es lo que nos va a hacer decantarnos por el uso de estos.

(Para información más detallada del estudio de motores, ver **Anexo 2.2.3.1**)

El chasis contendrá 4 motores eléctricos de corriente continua, uno para accionar cada rueda, es decir, se busca un chasis 4x4.

### 3.2.4.2 Sistema de movilidad

El tipo de movilidad que tenga un robot es de gran importancia, puesto que de esto dependerá el éxito de sus tareas y la eficacia con la que el robot se desenvuelva en estas.

Los robots móviles los podemos clasificar de la siguiente forma:

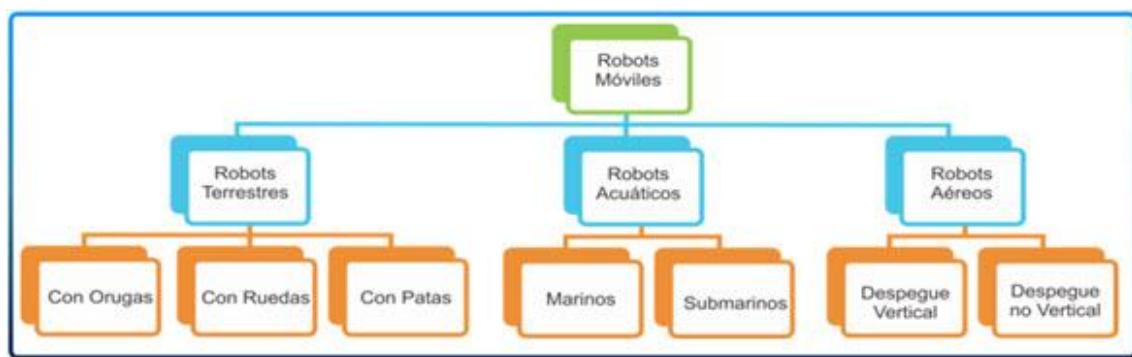


Figura 36. Clasificación de robots móviles

Los robots móviles terrestres, a su vez se pueden clasificar de acuerdo con el tipo de locomoción que utilizan.

Entre los tipos más ampliamente empleados están: con orugas, con ruedas y con patas.

## Trabajo Fin de Grado | Memoria

La mayoría de los robots móviles que se han construido y utilizado usan ruedas para desplazarse, y el nuestro contará también con ruedas.

(Para más información acerca de las ruedas, sus ventajas y desventajas, ver **Anexo 2.2.3.2**)

Por otro lado, hay que pensar en la configuración cinemática de las ruedas con respecto a la estructura del robot. Se entiende por configuración cinemática la distribución de las ruedas motrices del robot, que determinará el movimiento y sus limitaciones. En la siguiente imagen podemos ver varios ejemplos de configuraciones de ruedas:

(Para información más detallada de este apartado, ver **Anexo 2.2.3.3**)

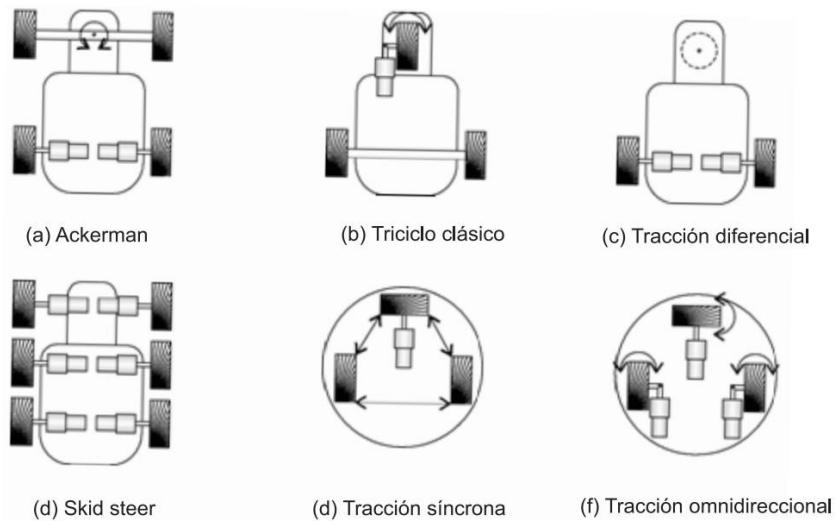


Figura 37. Tipos de configuraciones cinemáticas

La opción más interesante para este concepto sería buscar un chasis con tracción diferencial o skid steer, cuyas características son que incluyen motores independientes en cada rueda motriz, permitiendo girar sin desplazarse, es decir, dándole velocidad a una rueda, el vehículo es capaz de girar hasta 360º sobre su centro.

Nos hemos decantado por esta opción puesto que así nos evitamos tener que girar las ruedas para cambiar de dirección, permite giros más cerrados, y al contar con un motor por rueda, la potencia total del robot es mayor.

### 3.2.4.3 Ruedas

Centrándonos más específicamente en las ruedas, en robots móviles suelen usarse cuatro tipos distintos de ruedas en función de su uso.

Estos cuatro tipos son los siguientes:



Figura 38. Tipos de ruedas en robots móviles

Nosotros usaremos ruedas convencionales puesto que son las más adecuadas para circular por el terreno urbano además de las más sencillas.

Respecto al material de estas nos encontramos con distintas alternativas.

Los dos materiales más comunes en la fabricación de ruedas son el poliuretano (PU) y la goma.

Comparando estos dos materiales se ha podido observar que prácticamente no presentan diferencias significativas, por lo que, a la hora de buscar un sistema de chasis, no haremos distinciones entre

estos dos, siempre y cuando las ruedas que lleve sean de uno de estos dos materiales.

(Para información más detallada del uso de estos dos materiales en ruedas, ver **Anexo 2.2.3.4**)

#### **3.2.4.4 Otros requisitos**

Otros requisitos que se van a emplear en la búsqueda de un sistema de chasis van a ser la carga máxima que pueda soportar y la velocidad.

Para determinar el peso que ha de soportar se ha estudiado los paquetes más grandes que distintas empresas de paquetería entregan, como por ejemplo Correos, Zeleris, GLS y Seur.

(Para ver la comparación entre las distintas empresas, ver **Anexo 2.2.3.5**)

De todos los datos recopilados, el paquete más voluminoso de todos es el más grande de la empresa Seur, con un tamaño de 175 x 62,5 x 62,5 cm (que serían aproximadamente 0,7 metros cúbicos) y cuyo peso máximo podría ser de 31,5 kilos.

Suponiendo que nuestro contenedor tendrá un volumen aproximado de entre 0,5 y 1 metros cúbicos, se va a estimar una carga a soportar por el chasis de 40 kilos para dejar algo de margen.

Respecto a la velocidad, como este robot se moverá siguiendo al repartidor, se va a estimar está en función de la velocidad media al andar de una persona.

La siguiente tabla obtenida de internet [28] representa la velocidad en metros/segundo a la que personas de distintos rangos de edad suelen caminar:

| Edad<br>(años) | Muestra<br>(nº personas) | Velocidad (metros/segundo) |      |      |
|----------------|--------------------------|----------------------------|------|------|
|                |                          | 15%                        | 50%  | 85%  |
| de 5 a 9       | 26                       | 1,38                       | 1,80 | 2,37 |
| de 10 a 14     | 37                       | 1,35                       | 1,65 | 2,07 |
| de 15 a 19     | 47                       | 1,44                       | 1,62 | 2,04 |
| de 20 a 24     | 65                       | 1,38                       | 1,59 | 1,83 |
| de 24 a 34     | 70                       | 1,44                       | 1,59 | 1,95 |
| de 35 a 44     | 67                       | 1,32                       | 1,59 | 1,92 |
| de 45 a 54     | 73                       | 1,29                       | 1,50 | 1,71 |
| de 55 a 64     | 90                       | 1,26                       | 1,44 | 1,65 |
| + de 65        | 67                       | 1,05                       | 1,26 | 1,44 |

Figura 39. Velocidad entre grupos de distintas edades

De estos datos, a nosotros nos interesan los comprendidos en la población de entre 20 a 64 años, puesto que es la edad mayoritariamente laboral. En este rango, la velocidad mínima que muestra la tabla es de 1,26 m/s, y la velocidad máxima 1,95 m/s, con lo que concluimos que el robot necesitará ir aproximadamente a una velocidad mínima de entre 1 y 2 m/s (entre 3,6 y 7,2 km/h aproximadamente).

### 3.2.4.5 Elección final

Con todos estos datos recopilados y tras hacer una búsqueda exhaustiva en internet y en varios catálogos comerciales se ha encontrado el chasis AVT-W9 Wheeled Robot Chassis de la empresa china Zhengzhou Defy Robot.



Figura 40. Chasis escogido

## Trabajo Fin de Grado | Memoria

Se trata de una plataforma robótica móvil 4x4 que puede circular a una velocidad de 16 km/h.

Las dimensiones de este son 905x696x310 mm y cuenta con un peso de 56 kg.

En cuanto a la carga máxima que puede soportar es de 50 kg.

A parte de su uso para el transporte de cargas, esta plataforma también puede emplearse en tareas de exploración e inspección, como vehículo de rescate, para investigación científica y educación, en control de incendios e incluso en fotografía.

Otras características de esta plataforma móvil son las siguientes [29]:

| Ítem                       | Data                   | Ítem                       | Data                         |
|----------------------------|------------------------|----------------------------|------------------------------|
| Dimensiones                | 905x696x310 mm         | Material                   | Aleación de acero y aluminio |
| Dimensión de la plataforma | 786x426 mm             | Tratamiento de superficie  | Yellow coating               |
| Diámetro de las ruedas     | 310 mm                 | Grado de protección        | IP64                         |
| Distancia entre ejes       | 595 mm                 | Par nominal                | 40 Nm                        |
| Peso                       | 56 kg                  | Modo de dirección          | Differential steering        |
| Carga máxima               | 50 kg                  | Relación de transmisión    | 24:10                        |
| Motor                      | 48V DC Brushless Motor | Habilidad de escalada      | 30º                          |
| Velocidad de carrera       | 16 km/h                | Habilidad de paso de zanja | 250 mm                       |

*Figura 41. Datos adicionales del chasis escogido*

### 3.2.5 Contenedor

Por último, tenemos el contenedor, es decir, el espacio del robot donde va almacenada la mercancía que se está transportando.

El contenedor va situado justo encima del chasis, atornillado a este.

Para definir el contenedor hay que tener en cuenta varios aspectos que se van a explicar en los siguientes apartados.

### **3.2.5.1 Volumen de carga**

El volumen de carga, o lo que es lo mismo, el espacio disponible para almacenar la mercancía que se va a transportar, ha de ser lo suficientemente grande como para que el repartidor pueda transportar simultáneamente varios encargos en un mismo viaje y así ahorrar viajes de vuelta a la parada del tranvía para recoger otros, o simplemente poder transportar paquetes más grandes y pesados.

El volumen de carga para este contenedor se ha estimado en 0,5 metros cúbicos en base a los datos recogidos cuando hemos hablado del chasis, así como a la hora de modelarlo, donde las medidas más adecuadas para que quedase proporcionado con el chasis, y teniendo en cuenta que este contenedor circulará por la calle (por lo que no ha de ser demasiado voluminoso), 0,5 metros cúbicos es lo más adecuado.

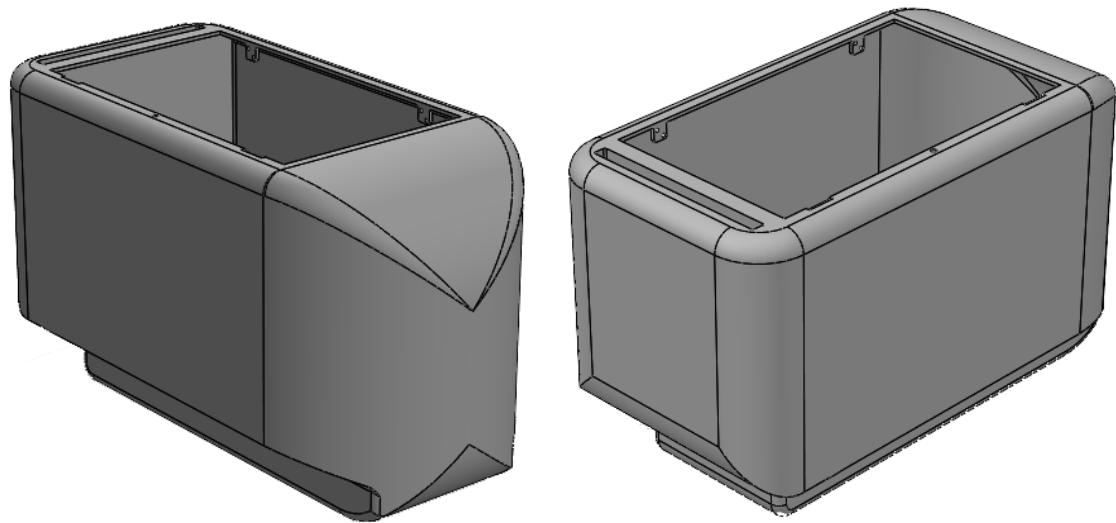
### **3.2.5.2 Forma**

Una vez especificado el volumen total de almacenamiento del contenedor, toca ver como este estará distribuido en función de la forma que tenga el contenedor.

Para ello, se ha pensado en una forma sencilla, pero a la vez funcional y estética.

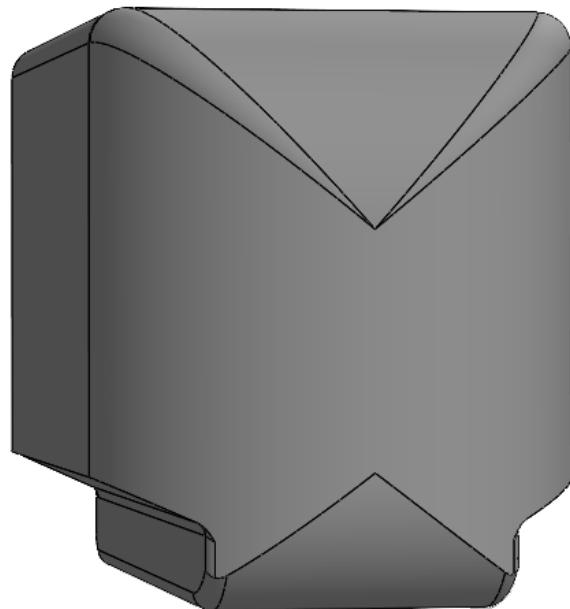
La forma parte de un cubo alargado, que le aporta una sensación de robustez y seguridad respecto al contenido que guarda en su interior. Dicha forma cuenta con numerosos redondeos a lo largo de su cuerpo, para hacerlo menos agresivo y más amigable y seguro.

Además, su cara delantera presenta redondeos más grandes, tanto respecto del eje X como del eje Y, que proporciona al conjunto una forma de “flecha” para poder distinguir su parte delantera de la trasera además de aportarle un toque de dinamismo y hacerlo más reconocible como vehículo de transporte, porque en esencia eso es lo que es.



*Figura 42. Vistas del contenedor*

En su parte inferior, el contenedor es algo más estrecho para adaptarse a la plataforma del chasis sobre la que se apoya y no interferir con las ruedas, ya que el diámetro de estas es mayor que la altura del propio chasis.

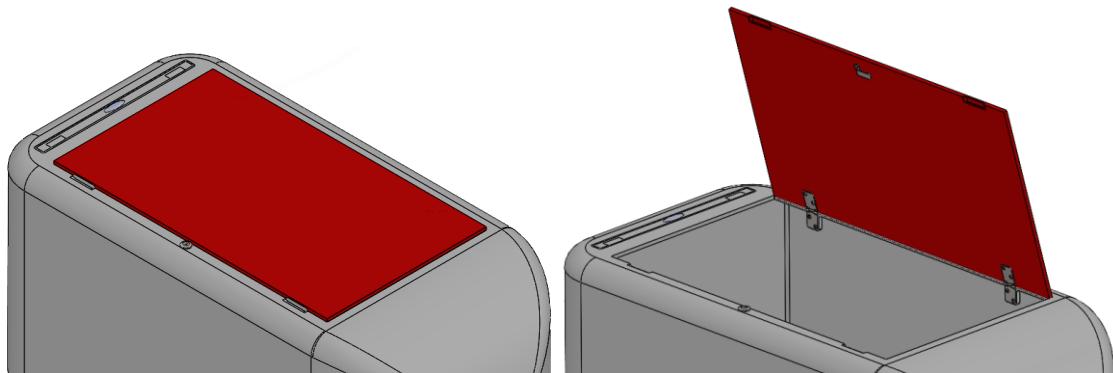


*Figura 43. Parte delantera del contenedor*

### 3.2.5.3 Puerta

En la parte superior del contenedor hay una puerta para poder acceder al interior de este y que, a su vez, su contenido esté bien resguardado. Esta puerta está hecha del mismo material que el resto del contenedor, pero como se explicará más adelante, será de otro color para aportarle mayor valor estético.

(Para más información de la puerta, ver **Anexo 2.2.4.1**)



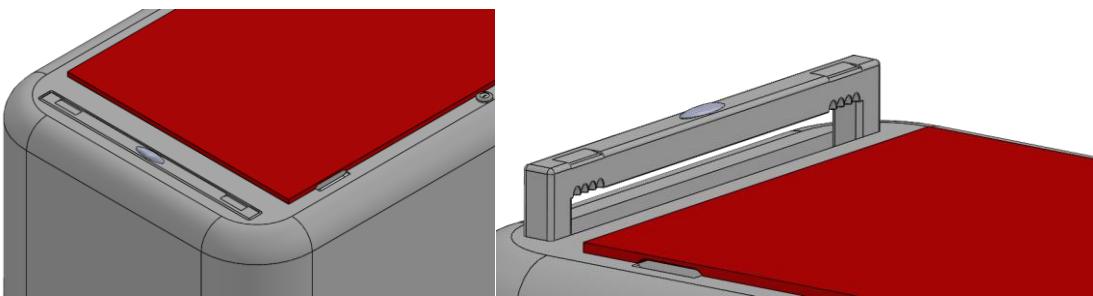
*Figura 44. Vista superior del contenedor con la puerta*

### 3.2.5.4 Mango extensible

Si por algún casual el robot se quedase sin batería, se estropease o dejase de funcionar su chasis por el motivo que fuese, se ha pensado en un mango extensible que se adapta a la forma de la mano para que el repartidor pueda usarlo para transportar el robot como si fuese una transpaleta manual.

Este mango se extrae de la parte superior trasera del contenedor y gracias a él, el repartidor, situado desde detrás del robot, podrá empujarlo ejerciendo él mismo la fuerza para mover al robot.

(Para más información del mango, ver **Anexo 2.2.4.2**)



*Figura 45. Vista superior del contenedor con el mango*

### **3.2.5.5 Material**

A la hora de buscar un material para la carcasa de este concepto se va a hacer teniendo en cuenta diversas características.

Por un lado, ha de ser un material sostenible. Esto es debido a que con este concepto se pretende respetar al máximo posible el cuidado del medio ambiente a la vez que incrementar la calidad de vida de las personas.

Una de las características que convierten a un material en sostenible es su capacidad de reciclaje. Si un material es recicitable significa que puede volver a utilizarse, generando así la llamada economía circular.

Otra cualidad a tener en cuenta para elegir material es que este sea resistente, capaz de soportar las condiciones de exterior a las que estará expuesto como por ejemplo soportar el frío, el calor, las precipitaciones, la exposición a la luz del sol, entre otras cosas.

Por último, ha de ser un material ligero para eliminar el mayor peso posible que tenga que soportar el chasis y así ahorrar energía.

Debido a sus características, el material elegido es el polietileno de alta densidad (HDPE).

(Para más información de este material, ver **Anexo 2.2.4.3**)

### **3.2.5.6 Procesos de fabricación**

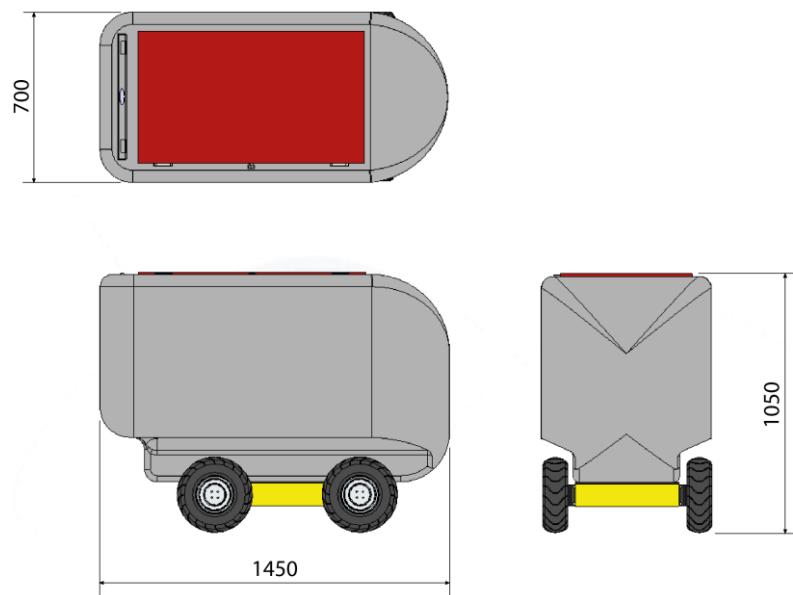
Para la fabricación del contenedor, el cuál acabamos de especificar que será de HDPE, se hará por moldeo por rotación.

Entre algunos de los motivos de esta elección es porque este método es ideal para piezas grandes y huecas como la nuestra. Además, el

material más común para el moldeado por rotación es el polietileno (PE), que se utiliza en el 80% de las aplicaciones [30]. Principalmente, porque este material puede triturarse fácilmente para reducirlo a polvo a temperatura ambiente.

(Para ver el resto de los motivos de por qué se ha escogido este proceso, así como datos adicionales acerca de este, ver **Anexo 2.2.4.4**)

### 3.2.6 Medidas generales



*Figura 46. Medidas generales del Delivery Assistant*

(Para ver los planos de este concepto, ir a **Anexos 3**)

4

# Conclusiones

## 4 CONCLUSIONES

### 4.1 Conclusiones Locker móvil

Como hemos visto en la fase de investigación, actualmente las ciudades relativamente grandes tienen serios problemas de movilidad urbana (congestión, contaminación, accidentes, etc.), y el sistema actual de logística de última milla es en gran parte responsable de esta situación. No obstante, cada vez son más las soluciones que se proponen y que se llevan a cabo en este ámbito para encaminarnos cada vez más hacia ciudades más sostenibles y seguras.

Este concepto es una propuesta novedosa de logística última en entornos urbanos que presenta numerosas ventajas.

Por un lado, gracias a que se hace uso del tranvía como elemento logístico de mercancías, se elimina parte de la presencia de vehículos de entregas en las carreteras, ayudando a descongestionarlas y a reducir las emisiones de gases contaminantes, puesto que el tranvía es eléctrico. Esto mejora la calidad de vida de los ciudadanos de la ciudad puesto que, al haber menos circulación, hay menos problemas asociados al tráfico como por ejemplo los accidentes o la contaminación del aire. Además, al usar el tranvía, cuyas infraestructuras e instalaciones ya están en funcionamiento, el ahorro en la inversión inicial sería significativo, obteniendo una segunda ventaja, en este caso económica pero también infraestructural, ya que no habría que modificar la estructura actual de la ciudad.

También habría ventajas para los clientes que esperan recibir su pedido, puesto que, gracias a este concepto, tendrán una opción de recogida flexible de sus productos, puesto que el locker estará a lo largo del día en distintos puntos repartidos por la ciudad en zonas estratégicas, pudiendo escoger tú mismo el punto que más te convenga. Además, en caso de que no te haya dado tiempo a recoger tu pedido durante el tiempo que el locker estaba en tu parada más cercana, puedes ir a la siguiente parada en la que se encuentre, y debido a que no están muy lejos las unas de las otras, no tendrías que andar mucho.

Además, en caso de que la siguiente parada esté lo bastante lejos como para que no quieras ir andando, puedes hacer uso del tranvía, puesto que este te dejará en la misma parada en la que se encuentre el locker con tu pedido.

Debido a que el sistema actual del tranvía está automatizado y a que el locker tiene acceso web, podrás ver en tiempo real donde se encuentra tanto el vagón como el tranvía, en caso de que quieras saber en qué parada está/va a estar el locker y cuánto tiempo le queda allí hasta que el vagón se lo lleve a la siguiente.

Además, una vez el pedido haya sido metido en el locker se notificará al usuario, así como cuando al vagón le queden pocos minutos para llegar a la parada en la que el usuario ha solicitado la entrega de su paquete.

A diferencia de otros lockers de empresas como Amazon o AliExpress, este locker se podrá usar independientemente de donde sea la procedencia/empresa del producto a entregar.

Además, no solo sirve para llevar la mercancía al cliente, sino que también si el cliente tiene que devolver un paquete, se puede utilizar este servicio a la inversa, pudiendo depositar el paquete en la taquilla que más cerca esté notificandolo previamente.

Este método también resulta útil si quieres vender o entregar algún producto a otra persona en otro punto de la misma ciudad, con lo que también se contribuye al desarrollo del comercio de segunda mano que tanto auge está teniendo estos últimos años.

## **4.2 Conclusiones Delivery Assistant**

Este concepto facilita las entregas a domicilio, no solo para la persona que está esperando su paquete, sino también al repartidor, ya que, por un lado, la persona no necesita salir de su casa ni tener que cargar con su paquete desde el punto de recogida, en especial si tenemos en cuenta que se trate de un paquete voluminoso o pesado, o de una persona anciana o con algún tipo de problema de movilidad o discapacidad. Por otro lado, también le soluciona su trabajo al repartidor puesto que este, pese a que sea el encargado de transportar el paquete, no tendrá que cargar con él ni hacer ningún esfuerzo, para eso tiene a su compañero robot que será el que cargue con los paquetes, el repartidor solamente tendrá que dirigirse a pie hasta el punto de entrega. Además, gracias a este concepto podrá cargar con varios paquetes (dependiendo del tamaño que estos tengan, pero con un volumen total mayor con respecto a los sistemas actuales), podrá así ahorrarse viajes de vuelta para recoger más pedidos, con lo que se obtiene una mayor eficacia a la par que eficiencia.

Otra ventaja de este concepto es que, al no ocupar mucho espacio, cabe perfectamente por la entrada del portal de los edificios, al igual que ocurre con las sillas de ruedas o los carritos de bebé, puesto que todos estos, incluido este concepto, tienen una anchura similar. De este modo, el repartidor podrá dejar al robot en el portal para evitar vandalismos, aunque el interior del robot esté protegido por una cerradura, o incluso si el ascensor no es muy pequeño, puede acompañarlo hasta la casa en la que tenga que realizar la entrega. Además, gracias a poder meter al robot en el portal o ascensor, se evita perder tiempo en buscar sitio para estacionar el vehículo (en caso de utilizar un automóvil, moto o furgoneta) y realizar entregas más rápidas, y también se evita tener que asegurar al vehículo (en el que caso de que fuese una bicicleta, por ejemplo).

Pese a que este concepto pueda considerarse como un vehículo, no circula por la calzada, sino por las calles, siguiendo al repartidor. Esto implica que, sean cuales sean las condiciones del tráfico, el repartidor no se verá afectado por ellas.

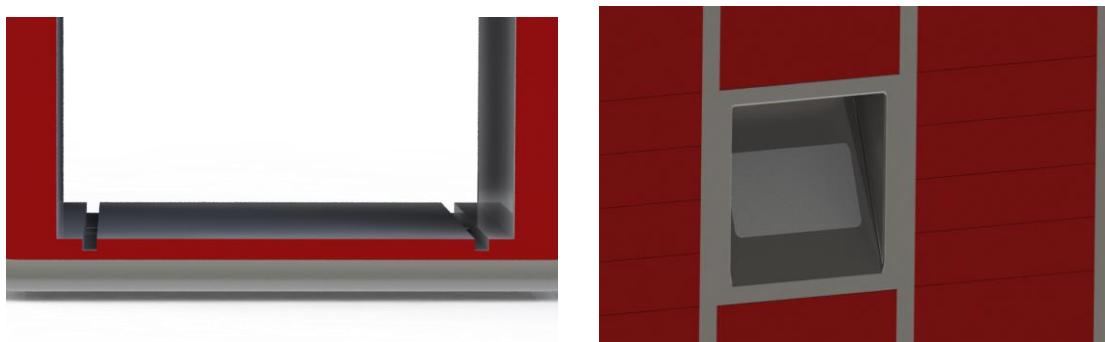
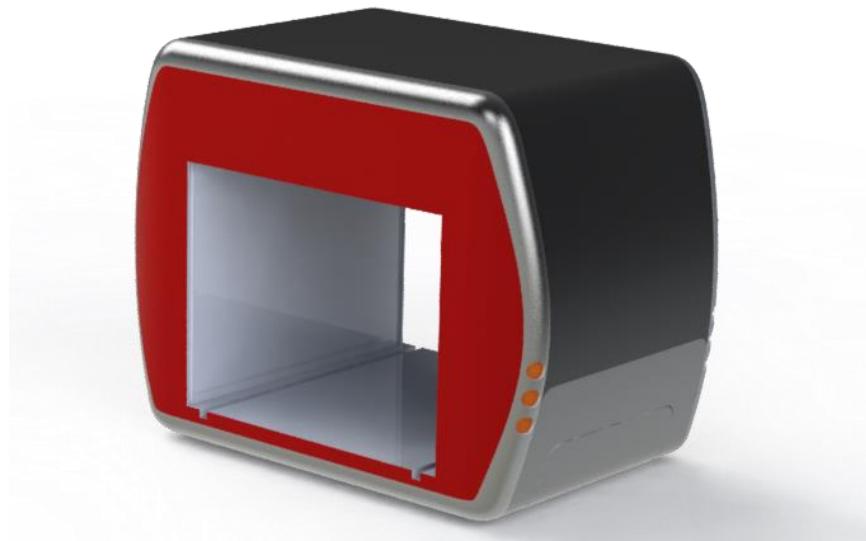
Independientemente de que pueda haber atascos, retenciones, accidentes, etc., el repartidor podrá seguir con sus entregas tranquilamente. Además, todo el tiempo que por carretera tienes que esperar a los semáforos, en este caso se lo ahorra, haciendo que el tiempo requerido de entrega sea menor. Otra ventaja de no tener que circular por la carretera, es que, además de no tener que estacionar el vehículo como hemos comentado antes, se evita también el cometer infracciones que puedan resultar en multas, y, por lo tanto, en costes para la empresa.

Finalmente, hablando de un aspecto muy importante, el medioambiental, cabe destacar que este concepto es totalmente respetuoso con él, ya no solo porque sea un vehículo eléctrico que no usa combustibles fósiles ni emite gases contaminantes a la atmósfera, sino porque además está hecho de materiales reciclados, evitando generar residuos.

5

# Renders

## 5 RENDERS

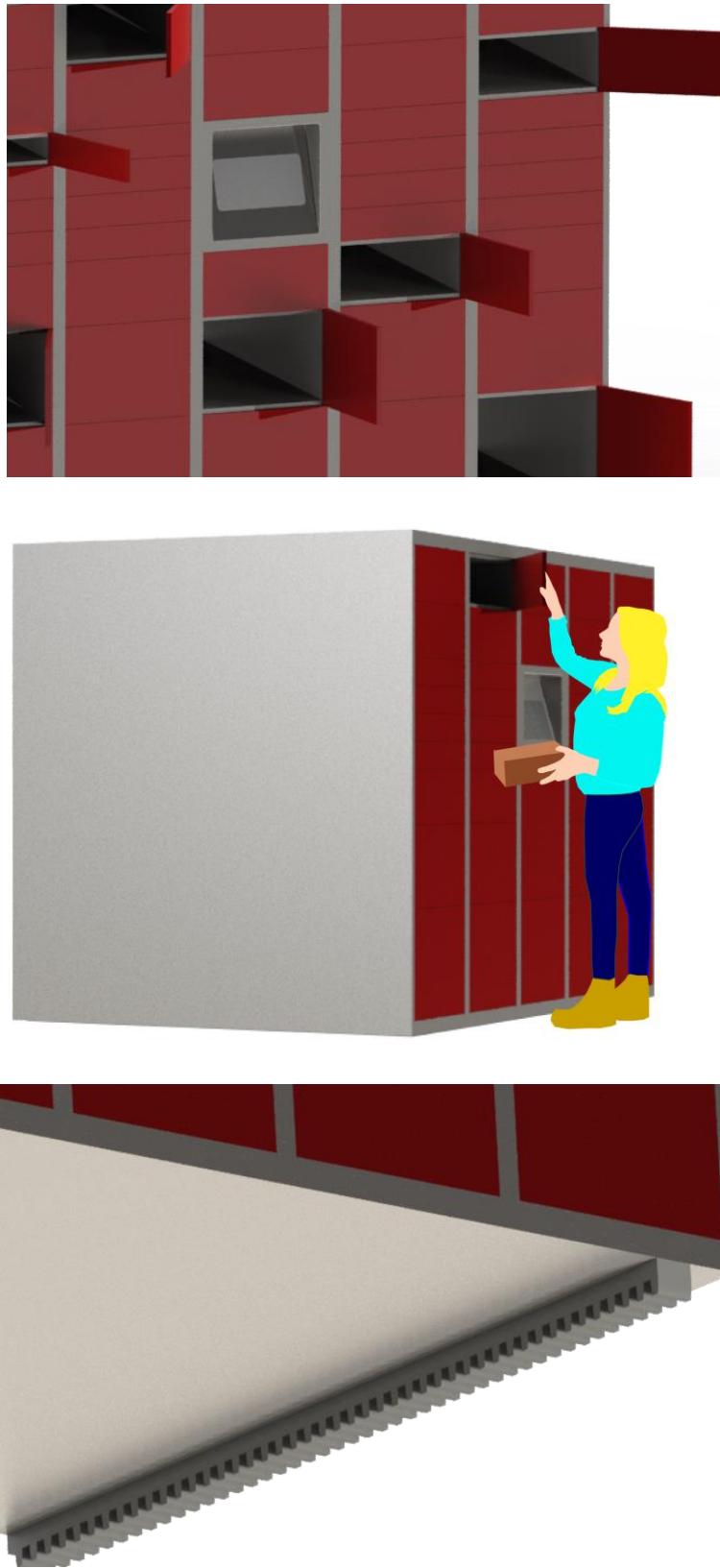


*Figura 47. Renders del vagón abierto y el locker aparte*

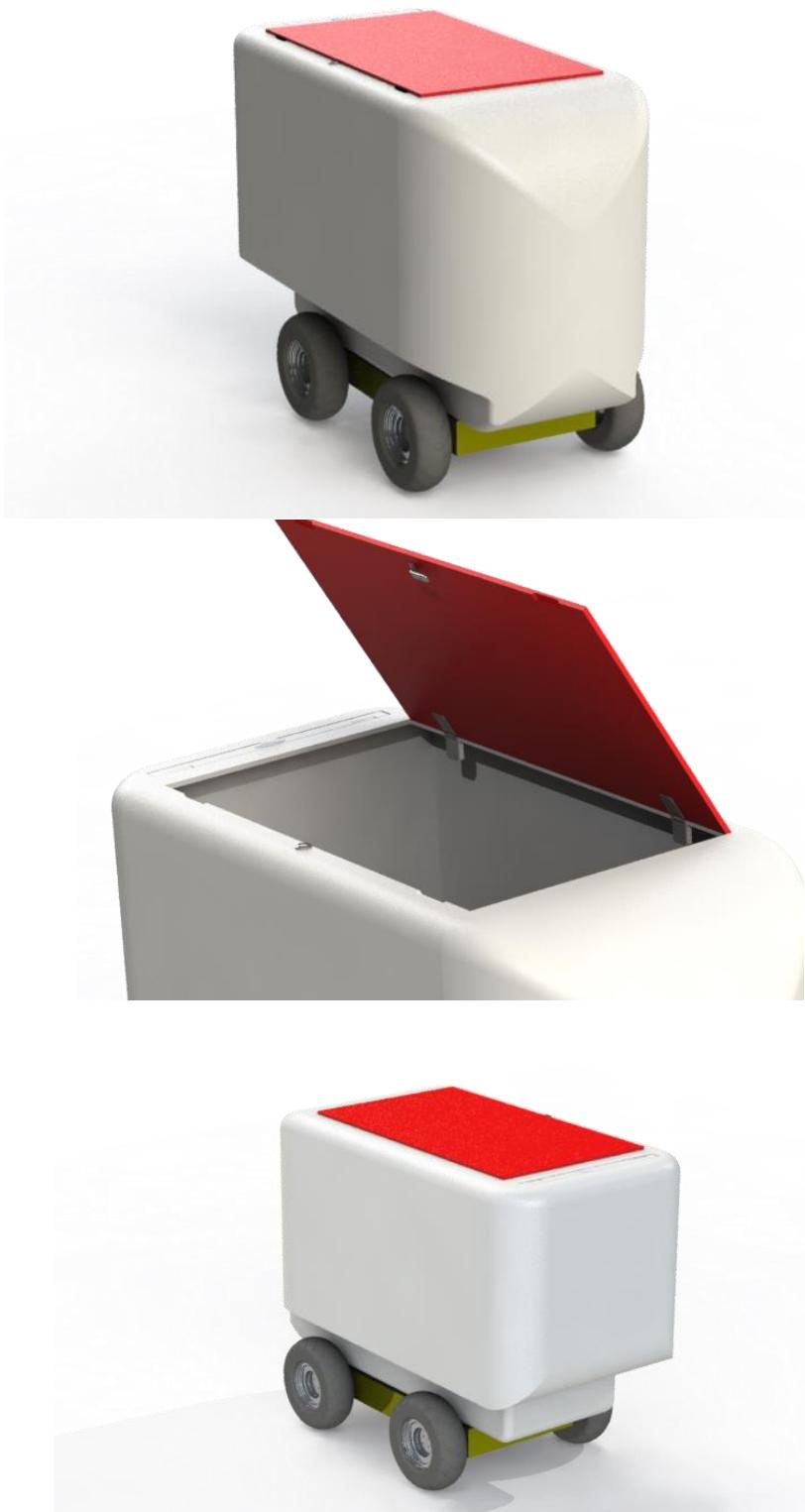


*Figura 48. Renders del vagón con la puerta plegada y desplegada*

## Trabajo Fin de Grado | Memoria



*Figura 49. Renders del locker*



*Figura 50. Renders del Delivery Assistant*

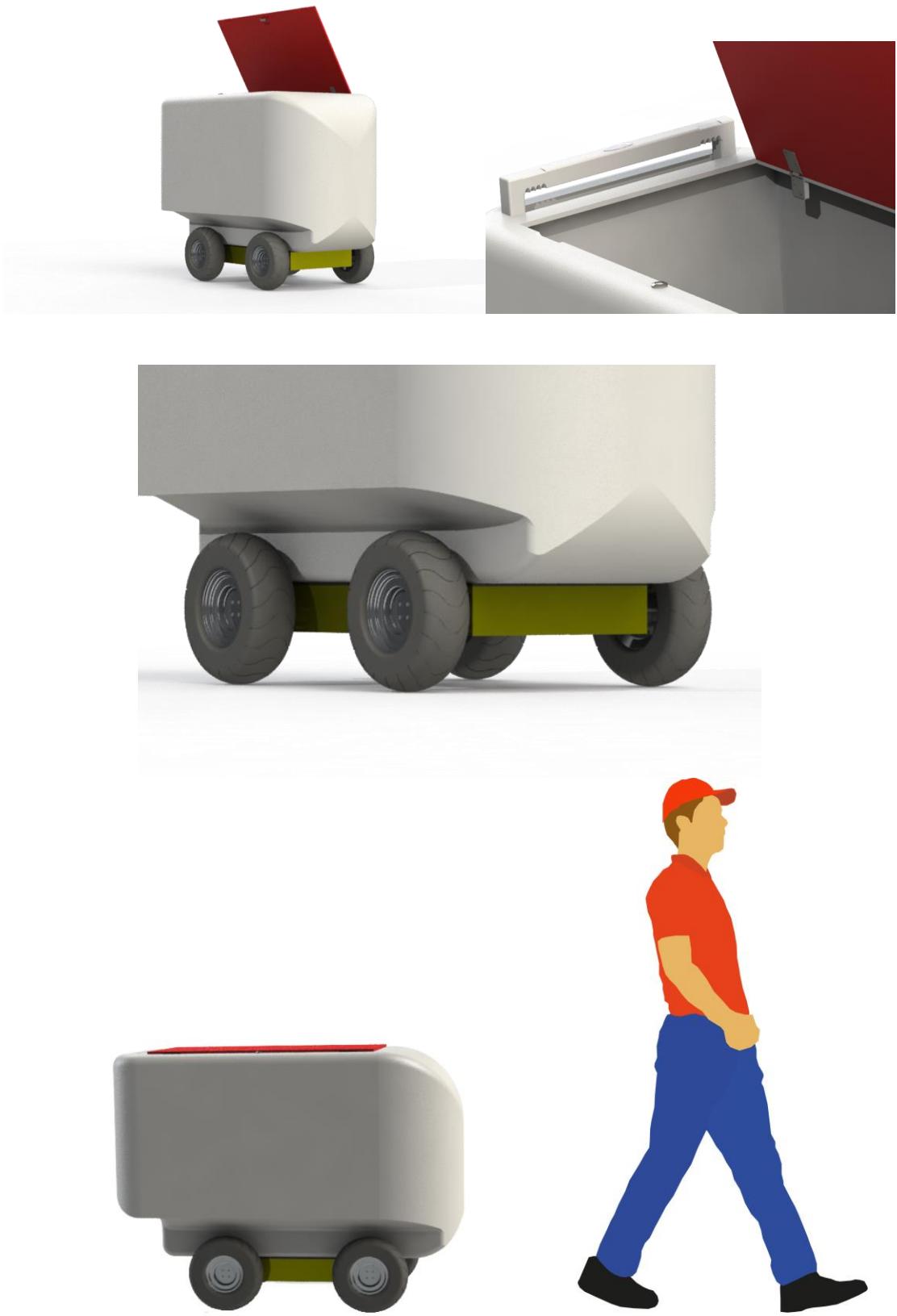


Figura 51. Renders adicionales del Delivery Assistant

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] EcologistasEnAcción (2007). Problemas de la movilidad y su repercusión urbana e individual  
<https://www.ecologistasenaccion.org/9845/problemas-de-la-movilidad-y-su-repercusion-urbana-e-individual/>
- [2] Mañé, L. (2020). Qué es la última milla: así funcionan las soluciones logísticas sin las que el eCommerce no tendría sentido  
<https://marketing4ecommerce.net/que-es-la-ultima-milla-logistica-espana/>
- [3] ElConfidencial (2021). La última milla, ante el reto de ser más eficiente y sostenible  
[https://www.elconfidencial.com/medioambiente/2021-11-23/sector-logistico-ultima-milla-bra\\_3310343/](https://www.elconfidencial.com/medioambiente/2021-11-23/sector-logistico-ultima-milla-bra_3310343/)
- [4] Bedaux, P. (2022). Distribución urbana de mercancías: retos y soluciones  
<https://empresaexterior.com/art/65054/distribucion-urbana-de-mercancias-retos-y-soluciones>
- [5] Muñuzuri, J., Grosso, R., Escudero, A., Cortés, P. (2017). Distribución de mercancías y desarrollo urbano sostenible
- [6] Garijo, C. (2021). Cómo resolver los retos de la última milla en el comercio electrónico  
<https://resilientdigital.com/como-resolver-los-retos-de-la-ultima-milla-en-el-comercio-electronico/>
- [7] Deloitte (2020). Logística de Última Milla. Retos y soluciones en España
- [8] Deloitte (2021). ¿Qué es la Industria 4.0?  
<https://www2.deloitte.com/es/es/pages/manufacturing/articles/que-es-la-industria-4.0.html>
- [9] Martí, B. (2021). INDUSTRIA 4.0 - CAPÍTULO 1 - Introducción a la Industria 4.0  
[https://www.youtube.com/watch?v=ulo0fWZKXxQ&t=115s&ab\\_channel=Asistecs](https://www.youtube.com/watch?v=ulo0fWZKXxQ&t=115s&ab_channel=Asistecs)

## Trabajo Fin de Grado | Memoria

[10] Asidek (2020). INDUSTRIA 4.0 - FUNDAMENTOS Y PUNTOS CLAVE

[https://www.youtube.com/watch?v=-CS7S1nnZMk&ab\\_channel=Asidek-CTSolutionsGroup](https://www.youtube.com/watch?v=-CS7S1nnZMk&ab_channel=Asidek-CTSolutionsGroup)

[11] González, F. (2020). Logística 4.0

<https://www.esic.edu/rethink/comercial-y-ventas/logistica-4-0-que-es-y-que-ventajas-tiene-su-uso-con-la-tecnologia>

[12] Mecalux (2019). Logística 4.0: un futuro muy presente

<https://www.mecalux.es/blog/logistica-4-0-futuro-presente>

[13] Huartos Carranza, E. (2019). Logística 4.0: Importancia en el proceso logístico de distribución de última milla

[14] Lucero, J.A. (2019). ¿Qué tipos de ciudades hay en el mundo?

[https://www.youtube.com/watch?v=uacZLmgVrU&list=LL&index=1&ab\\_channel=LacunadeHalicarnaso](https://www.youtube.com/watch?v=uacZLmgVrU&list=LL&index=1&ab_channel=LacunadeHalicarnaso)

[15] González, E. (2020). Morfología urbana: todos los tipos de planos urbanos que existen

<https://www.esdesignbarcelona.com/actualidad/diseno-espacios/morfologia-urbana-todos-los-tipos-de-planos-urbanos-que-existen>

[16] Contreras, M. (2016). Amazon patenta almacenes voladores con ejércitos de drones que reparten paquetes

<https://clipset.com/amazon-almacenes-flotantes-drones/>

[17] Betters, E. (2022). ¿Qué son las claves de Amazon y cómo funcionan?

<https://www.pocket-lint.com/es-es/hogar-inteligente/noticias/amazon/142667-que-son-amazon-key-y-en-la-entrega-de-automoviles-y-como-funcionan>

[18] Galeano, S. (2018). ¿Dejarías la llave de tu coche a Amazon? Así funcionan las nuevas entregas In-car Delivery para clientes Prime

<https://marketing4ecommerce.net/amazon-in-car-delivery/>

## Trabajo Fin de Grado | Memoria

- [19] ElConfidencialDigital (2021). GAM sustituye sus furgonetas de última milla por vehículos cero emisiones de Inquieto  
<https://www.elconfidencialdigital.com/articulo/comunicados/gam-sustituye-furgonetas-ultima-milla-vehiculos-cero-emisiones-inquieto/20210525171218245106.html>
- [20] Rus, C. (2020). eBussy, el coche eléctrico modular que se adapta para convertirse en camioneta, minibús y hasta diez configuraciones distintas  
<https://www.xataka.com/vehiculos/ebussy-coche-electrico-modular-que-se-adapta-para-convertirse-camioneta-minibus-diez-configuraciones-distintas#:~:text=Su%20punto%20fuerte%20es%20que%20modificar%20la%20posici%C3%B3n%20del%20volante.&text=Electric%20Brands%2C%20una%20empresa%20alemana%2C%20est%C3%A1%20detr%C3%A1s%20de%20esta%20idea.>
- [21] Scoobic (2022). Ciudades limpias de humos, ruidos y atascos  
<https://scoobic.com/>
- [22] Callejo, A. (2020). Rinspeed Metrosnap: el futuro de la movilidad urbana es eléctrico, autónomo y modular  
<https://forococheselectricos.com/2020/01/rinspeed-metrosnap-el-futuro-de-la-movilidad-urbana-es-electrico-autonomo-y-modular.html>
- [23] Martín, J. (2020). El Nuro R2 es un coche eléctrico de reparto autónomo que mezcla Glovo con un Amazon Locker, y está a punto de llegar  
<https://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/nuro-r2-coche-electrico-reparto-autonomo-que-mezcla-glovo-amazon-locker-esta-a-punto-llegar#:~:text=La%20iniciativa%20de%20la%20firma,comida%20a%20domicilio%2C%20por%20ejemplo.>
- [24] Ayuntamiento de Zaragoza (2021). Cifras de Zaragoza. Datos demográficos obtenidos del padrón municipal de habitantes  
<https://www.zaragoza.es/cont/paginas/estadistica/pdf/Cifras-Zaragoza-2021.pdf>

## Trabajo Fin de Grado | Memoria

- [25] Ayuntamiento de Zaragoza (2019). Línea de Tranvía Este - Oeste en Zaragoza. Anteproyecto  
<https://www.zaragoza.es/contenidos/tranvia/anteproyecto/FM1854-D-AX-15-Material%20movil.pdf>
- [26] Páez, G. (2022). Vehículo autónomo  
<https://economipedia.com/definiciones/vehiculo-autonomo.html>
- [27] SoftwareLab (2022). ¿Qué es el Bluetooth y para qué sirve?  
<https://softwarelab.org/es/bluetooth/>
- [28] Causa Directa, Investigación y Reconstrucción de Accidentes de Tráfico (2013). Tabla relación velocidad de peatones caminando  
<https://www.causadirecta.com.zurito.es/especial/calculo-de-velocidades/tablas/tabla-relacion-velocidad-de-peatones-caminando>
- [29] Zhengzhou Defy Robot (2020). AVT-W9 Wheeled Robot Chassis  
<https://robavatar.com/products/basic/wheeled/avt-w9-wheeled-robot-chassis.html>
- [30] Formlabs (2022). Guía de procesos de fabricación para plásticos  
<https://formlabs.com/es/blog/guia-procesos-fabricacion-plasticos/>

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Supremacía del vehículo privado
- Figura 2. Esquema movilidad urbana
- Figura 3. Coexistencia de la DUM con el resto de vehículos
- Figura 4. Tienda que ofrece productos de segunda mano
- Figura 5. Ejemplo de zona de carga y descarga
- Figura 6. Ilustración de la industria 4.0
- Figura 7. Ejemplo de dron repartidor
- Figura 8. Mapa de Zaragoza
- Figura 9. Patente de Amazon con almacenes flotantes
- Figura 10. Servicio Amazon Key
- Figura 11. Servicio In-Car Delivery
- Figura 12. Vehículo Paxster
- Figura 13. Vehículo de Scoobic
- Figura 14. Nuro R2
- Figura 15. Rinspeed Metrosnap
- Figura 16. Bocetos de ejemplo
- Figura 17. Bocetos concepto 1
- Figura 18. Bocetos concepto 2
- Figura 19. Bocetos concepto 3
- Figura 20. Bocetos concepto 4
- Figura 21. Datos de habitantes por barrio de Zaragoza
- Figura 22. Mapa del tranvía de Zaragoza con las paradas del locker
- Figura 23. Configuración taquillas
- Figura 24. Vista del locker
- Figura 25. Acople del tranvía de Zaragoza
- Figura 26. Dos vistas del vagón (con la puerta cerrada y abierta)
- Figura 27. Parte inferior del locker
- Figura 28. Detalle de las guías del interior del vagón
- Figura 29. Ejemplo del motor y tornillos usados
- Figura 30. Parada de tranvía con las guías
- Figura 31. Medidas generales del vagón
- Figura 32. Medidas generales del locker
- Figura 33. Logo Bluetooth
- Figura 34. Módulo Bluetooth HC-06
- Figura 35. Sensor de ultrasonidos HC-SR04
- Figura 36. Clasificación de robots móviles
- Figura 37. Tipos de configuraciones cinemáticas
- Figura 38. Tipos de ruedas en robots móviles

## Trabajo Fin de Grado | Memoria

Figura 39. Velocidad entre grupos de distintas edades

Figura 40. Chasis escogido

Figura 41. Datos adicionales del chasis escogido

Figura 42. Vistas del contenedor

Figura 43. Parte delantera del contenedor

Figura 44. Vista superior del contenedor con la puerta

Figura 45. Vista superior del contenedor con el mango

Figura 46. Medidas generales del Delivery Assistant

Figura 47. Renders del vagón abierto y el locker aparte

Figura 48. Renders del vagón con la puerta plegada y desplegada

Figura 49. Renders del locker

Figura 50. Renders del Delivery Assistant

Figura 51. Renders adicionales del Delivery Assistant