



## Trabajo Fin de Máster

Título del trabajo:

Estudio para la adaptación del polígono Cogullada en  
un centro de Distribución Urbana de Mercancías  
(DUM) para la ciudad de Zaragoza.

Autor/es

María del Pilar Martínez Romero

Director/es

Jesús Antonio Royo Sánchez  
María Pilar Lambán Castillo

Facultad / Escuela

Año

Escuela de Ingeniería y Arquitectura de Zaragoza (EINA) / 2021

# Estudio para la adaptación del polígono Cogullada en un centro de Distribución Urbana de Mercancías (DUM) para la ciudad de Zaragoza.

## RESUMEN:

El transporte de un producto, cuando se realizan compras por internet, comprende numerosas fases. Desde que se realiza el pedido online hasta que llega al cliente final, el producto pasará por numerosos procesos. El reto de las empresas de logística está en mejorar la última fase del proceso de entrega de mercancías conocida como “última milla” haciendo que sea lo más rápido, eficiente y menos costoso posible.

En este Trabajo Fin de Máster se ha estudiado el caso particular del transporte urbano de mercancías para la ciudad de Zaragoza. Para ello se ha realizado un análisis de la posible adaptación del polígono de Cogullada como centro de Distribución Urbana de Mercancías.

Este polígono tiene un sinfín de oportunidades por una razón principal: se encuentra inmerso en la ciudad, algo atípico y que lo convierte en un escenario idóneo para albergar actividades de todo tipo. Sin embargo, a pesar del gran atractivo y de la excelente ubicación con la que cuenta este polígono, el barrio se ha ido degradando con el paso de los años tanto desde el ámbito industrial como en el residencial.

Es por ello por lo que, como ya se planteó en la Jornada de Regeneración Funcional, Energética y Digital de Cogullada (jornada organizada por el Ayuntamiento de Zaragoza y la Escuela de Ingeniería y Arquitectura de la UZ el pasado 25 de mayo de 2021), hay que realizar una modificación del plan de Cogullada debido a la falta de mantenimiento de la urbanización y de la edificación que hace que el polígono corra el riesgo de percibirse como “tierra de nadie”.

Por lo tanto, para realizar este trabajo se analizará la población o público objetivo de este trabajo, que serían aquellas empresas y/o particulares susceptibles de realizar pedidos de comercio electrónico; y se hará una estimación en base a ese público objetivo de la cantidad de pedidos que pueden realizar, para poder determinar con qué flota de vehículos eléctricos podría acometerse el reparto de las mercancías, todo ello partiendo de Cogullada como centro logístico de distribución. Se calcularán diferentes rutas y se estimarán los kilómetros totales y la cantidad de energía necesaria para la recarga de toda la flota.

Posteriormente, se analizarán los costes asociados al proyecto, haciendo una comparativa entre los asociados al combustible necesario en el caso de utilizar vehículos convencionales y los costes asociados a la recarga de vehículos eléctricos, que conducirá a desarrollar una propuesta para la producción de electricidad mediante módulos fotovoltaicos instalados en las cubiertas de los almacenes de distribución del Polígono. Además, se realizarán cálculos de huella de carbono en diferentes propuestas que contribuirán a poder establecer y valorar alternativas en las que se tengan en cuenta variables operativas, económicas y sostenibles. Por último, se ha realizado un estudio objetivo con datos reales proporcionados por una empresa muy conocida del polígono donde se corrobora que es posible la adaptación del polígono en un centro DUM.

## Índice

1. Introducción y objetivos .....	4
2. Estado del Arte .....	6
2.1. Última milla.....	6
2.2. Restricciones a la movilidad. PMUS.....	7
2.3. Polígono de Cogullada .....	10
3. Comercio electrónico.....	13
3.1. Estudio poblacional .....	13
3.2. Estudio comercial.....	14
4. Flota de vehículos disponible .....	17
4.1. Vehículos bajos en emisiones. ....	17
3.2. Puntos de carga.....	25
5. Cogullada como centro de distribución .....	27
5.1. Estudio de las rutas.....	27
5.2. Estudio de la flota.....	35
5.3. Estudio energético. ....	37
6. Costes .....	39
6.1. Cálculo coste electricidad y combustible .....	39
6.2. Cálculo coste vehículos.....	41
6.3. Cálculo coste instalación electrolinera.....	42
6.4. Cálculo indicador de sostenibilidad. ....	43
7. Producción fotovoltaica en Cogullada.....	45
7.1. Cálculo energía producida.....	45
8. Conclusiones y líneas futuras .....	49
BIBLIOGRAFIA .....	50
ANEXO I. Cálculo de la población internauta y del número total de pedidos.....	56
ANEXO II. Producción Fotovoltaica.....	60
ANEXO III. Aplicación del estudio con datos reales .....	65

## 1. Introducción y objetivos

El concepto de logística puramente teórico comprende los procesos de coordinación, gestión y transporte de los bienes comerciales desde el lugar de distribución hasta que llega al cliente final. Desde que se realiza el pedido online hasta que llega al cliente final, el producto pasará por numerosas fases. La última de estas fases es la que se conoce como “última milla” y su desarrollo es un reto actual para la sociedad.

La distribución de última milla supone hasta el 40% de los costes logísticos totales y se estima que el 25% de las emisiones totales de gases contaminantes proceden del transporte de mercancías [1]. Por lo tanto, con el objetivo de reducir las emisiones contaminantes y alcanzar los objetivos de la Agenda 2030, en las diferentes ciudades de España se han elaborado los conocidos Planes de Movilidad Urbana Sostenible (PMUS) que tienen como objetivo buscar el equilibrio entre los tres pilares fundamentales de la movilidad sostenible: social, ecológico y económico.

En este Trabajo Fin de Máster se ha estudiado el caso particular del transporte urbano de mercancías para la ciudad de Zaragoza. Para ello se ha realizado un análisis de la posible adaptación del polígono de Cogullada como centro de Distribución Urbana de Mercancías (DUM). La DUM propiamente dicha, hará referencia al conjunto de actividades de distribución comentadas anteriormente desde el origen y envío del productor hasta la recepción por el cliente final, todas ellas efectuadas en el interior del área urbana de una ciudad [2].

La razón por la que se ha decidido escoger este polígono y no otros de la ciudad es por la situación estratégica con la que cuenta. Cogullada se encuentra inmerso dentro de la ciudad, algo atípico y que le hace posicionarse como un gran candidato para convertirse en un centro DUM. Sin embargo, con el paso de los años, el polígono se ha ido deteriorando poco a poco hasta el punto de que el propio Ayuntamiento de Zaragoza tenga miedo de que se perciba como “tierra de nadie”.

Por ello, el objetivo principal que se persigue conseguir con la realización de este TFM es precisamente estudiar si será posible o no la adaptación del polígono en un centro de Distribución Urbana de Mercancías.

Para ello en primer lugar se ha realizado un estudio poblacional con el objetivo de estimar un número de pedidos diarios que demanda la población zaragozana. Posteriormente, debido a las restricciones en cuanto a movilidad se refiere, que serán impuestas de aquí a unos años, se han estudiado los diferentes vehículos cero emisiones que hay actualmente en el mercado.

A continuación, se ha realizado un estudio en detalle de la posibilidad de adaptación del polígono. Para ello, en primer lugar se han determinado diferentes rutas para el transporte de mercancías a cada uno de los anillos de la ciudad. Posteriormente, se han calculado los vehículos que serían necesarios para repartir todos los pedidos demandados por la población y, por último, se ha calculado la cantidad de energía que haría falta para la recarga diaria de todos los vehículos.

Después de este estudio en detalle, se ha realizado una comparativa entre los costes asociados a la recarga que supone el uso de vehículos eléctricos y los costes asociados al combustible necesario en el caso de utilizar vehículos de combustible y se calcularán los costes logísticos que suponen ambas alternativas.

Además, también se ha calculado el índice de sostenibilidad ambiental en ambos casos y se ha estimado el coste que supondría la instalación de una electrolinera en Cogullada.

Por último, se ha finalizado este trabajo fin de máster con un estudio de la producción fotovoltaica que se puede obtener mediante módulos FV ubicados en las propias cubiertas de los almacenes para determinar si con dicha producción sería suficiente para abastecer la recarga de toda la flota de vehículos.

## 2. Estado del Arte

El comercio electrónico, o también conocido como eCommerce, se ha consolidado en estos últimos años como uno de los principales canales para la venta de productos y servicios. Para la consolidación de un negocio de venta online, la logística juega un papel fundamental.

El transporte de un producto, cuando se realizan compras por internet, comprende numerosas fases. Desde que se prepara el paquete en origen hasta que llega al cliente final, el producto pasará por numerosos procesos. El reto está en que ese proceso sea lo más rápido, eficiente y menos costoso posible [3].

Las empresas de logística están haciendo un gran esfuerzo hoy en día para mejorar esta última fase del proceso de entrega de mercancías que resulta la más crítica ya que es la parte más costosa y compleja del proceso de envío. Este último tramo que han de recorrer los productos finales hasta los consumidores es conocido como “última milla” y es de gran importancia en la logística.

Es por eso por lo que, para poder comprender completamente el objetivo principal de este TFM va a ser necesario definir en mayor profundidad qué es la última milla y porqué tiene tanta importancia en el mundo de la logística.

### 2.1. Última milla.

La última milla, consiste en una gestión de transporte de paquetería centrada en el último trayecto que ha de realizarse para la entrega final del producto al consumidor. Por este motivo, también se le conoce a este proceso como distribución capilar ya que dentro de una ciudad los repartos se realizan en diferentes zonas o ramificaciones. [4]

Sin embargo, es muy importante destacar que, debido al auge del eCommerce y a su consolidación como uno de los canales principales para la venta de productos y servicios, la última milla se enfrenta a retos y dificultades notables.

Desde la compra de un producto hasta su entrega, este pasa por un largo proceso donde se encuentra con varios obstáculos. Los clientes no solo esperan que el producto llegue a su domicilio en el menor plazo posible, si no que además confían en que el coste sea nulo. Es necesario por tanto gestionar bien la última milla para darle satisfacción al cliente y que suponga el menor coste posible a la empresa.

La última milla se enfrenta a retos y dificultades. Tiene que atender a variables como el tipo de paquete (tamaño y condiciones especiales) así como las condiciones de entrega. Pero quizás uno de los condicionantes más importantes para la correcta gestión de la última milla es el de la accesibilidad a la zona de entrega.

En este estudio se ha analizado el plan de movilidad urbana sostenible (PMUS) de Zaragoza. Este Plan contempla entre sus medidas la restricción, a partir de 2027, del acceso de vehículos a las diferentes zonas de la ciudad de Zaragoza para intentar conseguir que esta ciudad sea catalogada como de “baja emisiones”. Esto supondrá un cambio radical en la forma de entrega de la mercancía a estas zonas y una renovación de la flota de vehículos de muchas empresas de paquetería.

Por lo tanto, resulta necesario conocer en profundidad cuáles son las medidas establecidas por el plan que limitarán la movilidad en la ciudad y, que por lo tanto marcarán un antes y un después en la distribución de mercancías en la ciudad de Zaragoza.

A continuación, se van a analizar las limitaciones de movilidad que ha establecido dicho Plan y en qué se basan.

## 2.2. Restricciones a la movilidad. PMUS.

Con el objetivo de reducir la contaminación ambiental y acústica generadas principalmente por el tráfico de los vehículos en las ciudades, el nuevo Plan de Movilidad Urbana Sostenible (PMUS), que reemplazará al anterior plan, elaborado en 2006, cuenta con 14 estrategias que recogen actuaciones y programas innovadores que Zaragoza verá en los próximos años, buscando conseguir una movilidad segura, sostenible, equitativa y eficiente. [5]

De todas las estrategias que plantea el PMUS, la estrategia que más afecta al transporte de última milla es la novena, denominada por el plan como “Estrategia de Movilidad Privada” [6]. Los objetivos generales que se deben perseguir con las propuestas se resumen en:

- Disminuir el número de vehículos privados en circulación.
- Reducir la contaminación atmosférica y acústica.
- Desarrollar un planteamiento sistémico entre todos los modos de transporte.
- Accesibilidad Universal al Sistema de Movilidad.
- Reequilibrar y redistribuir el espacio público disponible (modos sostenibles).

Para conseguir estos objetivos, el plan de movilidad urbana sostenible plantea cuatro propuestas las cuales son definidas como:

- PR.01. Nuevo modelo de ciudad. Jerarquía y malla básica.
- PR.02. Zonas de prioridad residencial. Vías pacificadas y residenciales.
- PR.03. Estudio del parque automovilístico con el objeto de restricción de la circulación a vehículos contaminantes por calidad urbana.
- PR.04. Actuación ante episodios de Alta Contaminación.

De las cuatro propuestas, la PR.01 y la PR.03 son las que afectan directamente al transporte de mercancías en la ciudad de Zaragoza. Mediante la primera propuesta se pretende reducir la dependencia respecto al automóvil, incrementar las oportunidades de los medios de transporte alternativos, reducir los impactos de los desplazamientos motorizados, reconstruir la proximidad como valor urbano y recuperar la convivencia en todo el espacio público [7].

Para conseguir estos objetivos, el plan establece un modelo circular por anillos que divide a la ciudad de Zaragoza en tres anillos. En la siguiente figura se puede observar dicha división.

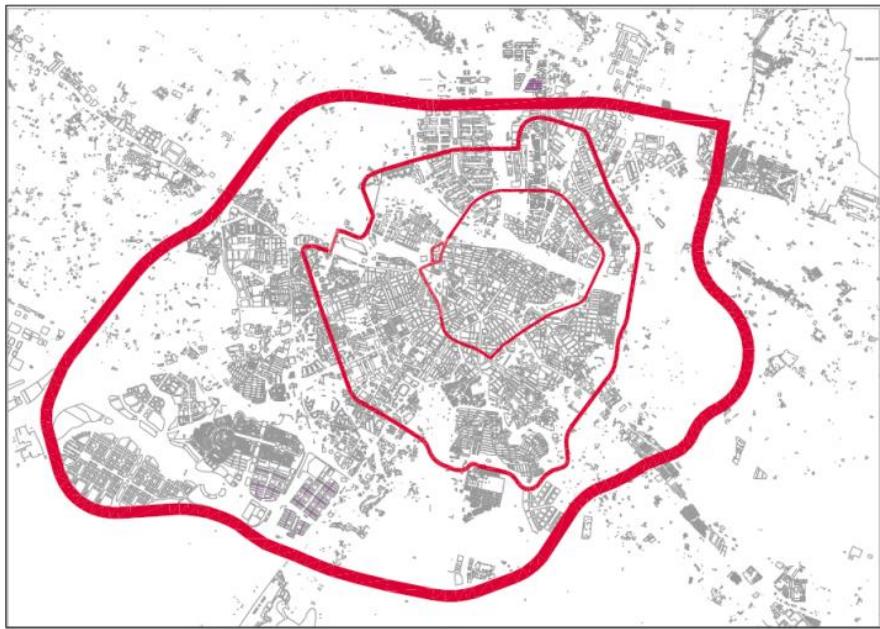


FIGURA 1. Nueva jerarquización de la ciudad de Zaragoza por anillos [7]

Ligado con lo anterior entra en juego la tercera propuesta que establece el Plan definida como: “Estudio del parque automovilístico con el objeto de restricción de la circulación a vehículos contaminantes por calidad urbana.”

Esta propuesta nace con el objetivo de paliar los efectos de los contaminantes atmosféricos producidos por los vehículos (evitando las inmisiones de NO<sub>2</sub>, la emisión de 46.507 TCO<sub>2</sub>/año y las emisiones de gases perjudiciales para la salud, en concreto 15,27 tNO<sub>x</sub>/año y 1,26 tPM<sub>10</sub>/año), mejorar la seguridad vial, reducir la contaminación acústica y garantizar una calidad del aire saludable para la ciudadanía [7].

Para conseguir estos objetivos, la medida propone “restringir el acceso de los vehículos más contaminantes en función de determinadas zonas de la ciudad de Zaragoza, de acuerdo con los distintos vehículos emitidos por la DGT, basados en la antigüedad vehicular (por la fecha de matriculación), por el tipo de combustible y por la norma de contaminación del sistema de propulsión (Euro III, IV, V,...).”

Para ello se establece una clasificación basada en 4 tipos de vehículos diferentes (cero emisiones, ECO, C y B), y, en base a esta clasificación, se propone la restricción del acceso de los vehículos más contaminantes en función del anillo o zona de la ciudad.

Las delimitaciones de cada uno de los anillos son las que se exponen a continuación:

El **anillo 1** o zona 1 (coincidente con el antiguo primer cinturón) estará constituido por las calles: Paseo Echegaray y Caballero, Paseo María Agustín, Paseo de la Constitución, Paseo de la Mina, Calle Asalto y Calle Alonso V. Además es importante destacar que de los tres anillos en los que queda dividida la ciudad, esta zona será la más restrictiva donde solo se permitirá la circulación de vehículos a los residentes.

El **anillo 2** o zona 2 estará formado por todo el interior del segundo cinturón, es decir, el que traza la Avenida Goya, Camino de las Torres, Marqués de la Cadena, Valle de Broto y Anselmo Clave y en él se permitirá, además de vehículos de residentes, el tráfico de los vehículos considerados de cero emisiones o ECO.

Por último, el **anillo 3** o zona 3 contempla todas las calles pertenecientes al tercer cinturón (Ronda Hispanidad, Vía Hispanidad, Avenida Navarra, calle Rioja, Avenida Expo 2008, Avenida Ranillas, Calle Pablo Ruiz Picasso, Avenida Salvador Allende y Avenida Alcalde Caballero) donde, además de vehículos de los residentes y vehículos ecológicos (es decir, cero emisiones y ECO), también se permitirá la circulación de turismos y furgonetas de gasolina matriculadas a partir de enero de 2006 y diésel a partir de 2014. En el resto de la ciudad más allá del tercer cinturón no se aplicarán estas limitaciones de movilidad permitiendo la libre circulación de vehículos [8].

A continuación, en la Figura 2 se observan los anillos que han sido descritos anteriormente. Tal y como se ha comentado, en el anillo azul solo podrán acceder los vehículos de los vecinos del barrio, en el anillo rojo, además de los vehículos de los vecinos del barrio también podrán acceder los vehículos cero emisiones y los ECO y, por último, en el anillo de color verde podrán acceder los mismos vehículos que al anillo rojo incluyendo además el acceso a los vehículos tipo C.

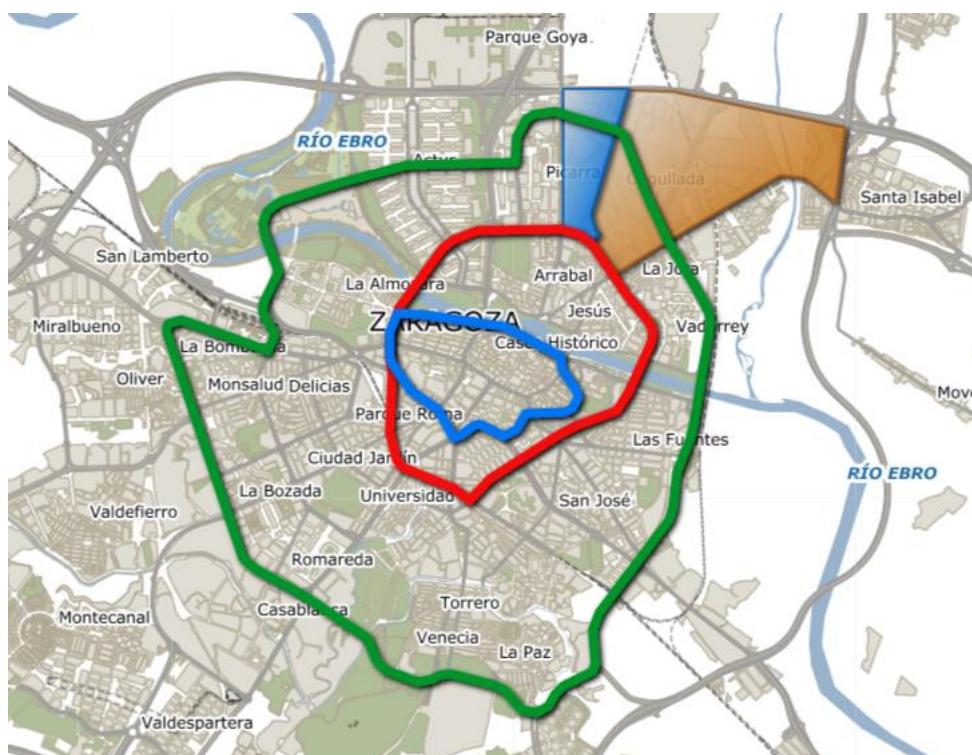


FIGURA 2. Restricción a la movilidad por anillos en la ciudad de Zaragoza.

Fuente: elaboración propia.

Cabe destacar que, en la Figura 2, además de los tres anillos en los que queda dividida la ciudad y las restricciones de movilidad establecidas en cada uno de ellos, también se ha representado el polígono de Cogullada. Este polígono es de gran interés ya que colinda con el segundo anillo, exactamente con la Avenida Cataluña, lo que hace situar al polígono de Cogullada como un lugar estratégico para poder distribuir con vehículos de cero emisiones las mercancías al centro de la ciudad.

Es por eso por lo que resulta muy interesante y necesario estudiar en profundidad la historia de este polígono y los usos futuros a los que se puede dedicar.

### 2.3. Polígono de Cogullada.

El objetivo principal de este TFM, tal y como se ha comentado en el apartado “Resumen” de este documento, consiste en estudiar en profundidad la posibilidad de adaptar el polígono de Cogullada en el centro de distribución urbana de mercancías de Zaragoza. Este no será el único fin al que irá destinado el polígono, pero sí podría considerarse como una de las funcionalidades que podría tener.

El polígono de Cogullada, situado en el barrio del distrito de El Rabal, se trata de uno de los polígonos más antiguos de Zaragoza (1966) [9]. Cuenta con una superficie total de 55 hectáreas de las cuales 46 están destinadas a uso industrial.

De las hectáreas destinadas a uso industrial, el polígono cuenta con un total de 103 parcelas divididas en tres zonas:

- 21 parcelas destinadas a la industria pesada.
- 19 parcelas destinadas a la industria pequeña, siendo principalmente naves nido.
- 63 parcelas destinadas a la industria mediana.

Además, el plan parcial aprobado en 1962 estableció un total de 8 hectáreas y media destinadas a viario y una parcela de 6.154 metros cuadrados destinada como centro administrativo. [10]

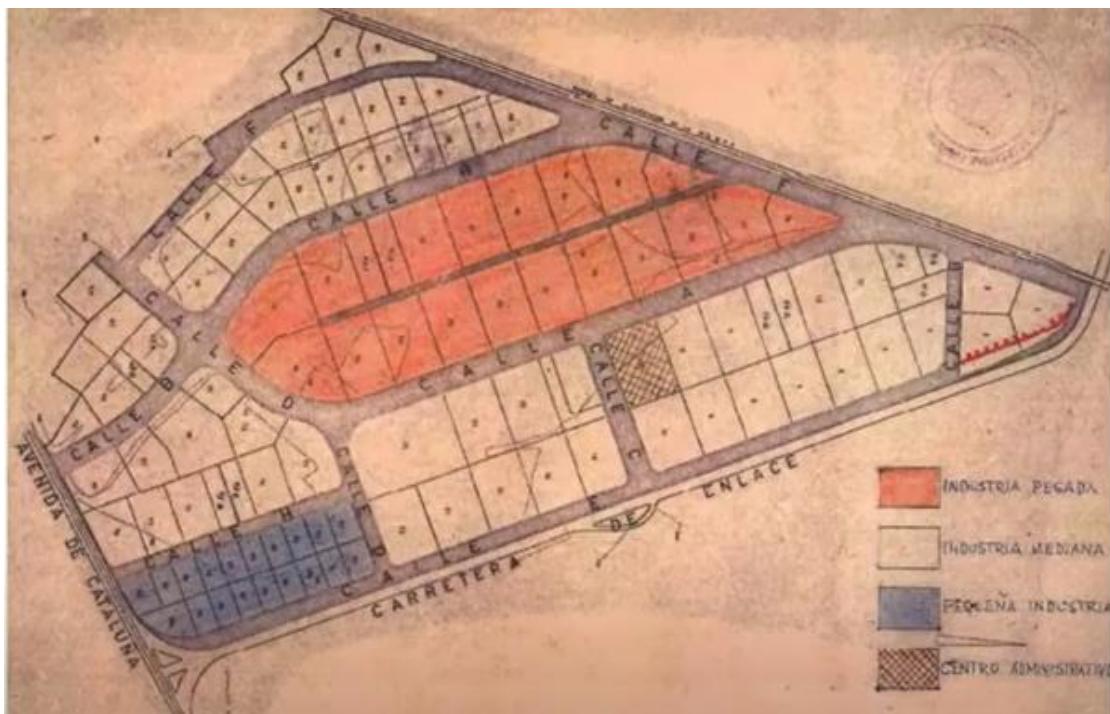


FIGURA 3. Distribución de las industrias en el polígono de Cogullada [10].

El polígono de Cogullada tiene un sinfín de oportunidades por una razón principal: se encuentra inmerso en la ciudad, algo atípico y que lo convierte en un escenario idóneo para albergar actividades de todo tipo, desde industriales hasta convertirse en un centro logístico de distribución urbana de mercancías (DUM) [10].

Sin embargo, a pesar del gran atractivo y de la excelente ubicación con la que cuenta este polígono, el barrio se ha ido degradando con el paso de los años tanto desde el ámbito industrial como en el residencial como se ha ido describiendo anteriormente.

Tal y como comentó D. Ramón Betrán en la Jornada de Regeneración Funcional, Energética y Digital de Cogullada del pasado mes de mayo, hay que realizar una modificación del plan de Cogullada ya que actualmente existe una falta de mantenimiento de la urbanización y de la edificación y se corre el riesgo de que se perciba este polígono como “tierra de nadie”. Tal es así que ya hoy en día este polígono está pasando de convertirse en un polígono industrial a un polígono donde albergan actividades que no tienen encaje en otras zonas de la ciudad (cultos religiosos, locales destinados a prácticas deportivas que son molestas en zonas residenciales o incluso prostitución callejera).

Por lo tanto, resulta muy necesario una actuación decidida en Cogullada donde la primera medida a realizar sería una reurbanización del sector, lo que implicaría un coste muy elevado (de entre 40 y 50 millones de euros según estimaciones). [11]

Sin embargo, si algo quedó claro en las Jornadas comentadas anteriormente, es que el polígono de Cogullada tiene mucho potencial y oportunidades. D. José Luis Gavera, miembro de la Asociación de empresarios de Cogullada y Anche Echegoya, vocal de la Asociación de empresarios de Cogullada realizaron un análisis DAFO del polígono de gran interés donde comentaron en gran profundidad cuáles son las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades del polígono. A continuación, se va a realizar un resumen de todas ellas. [10]

#### *Amenazas:*

- Estado general del polígono puede frenar entrada de nuevas inversiones.
- Equipamiento de nuevos polígonos vs Cogullada.

#### *Debilidades:*

- Estado de limpieza del polígono.
- Estado de zonas ajardinadas y mobiliario urbano.
- Escasas conexiones de transporte público.
- Estado general de las calzadas y aceras.
- Infraestructuras anticuadas.
- Flujos de tráfico no optimizados (ausencia de rotondas).
- Inexistencia de aparcamiento para vehículos de gran volumen.

Las infraestructuras no han avanzado y siguen siendo las mismas que en junio de 1966. En cuanto a la red de distribución de agua, está formada por colectores generales muy antiguos y con un diámetro muy pequeño haciendo que, en caso de precipitaciones elevadas lleguen a colapsar pudiendo incluso levantar arquetas.

Por otro lado, la red eléctrica se basa en un trenzado aéreo obsoleto, además de una iluminación deficiente del polígono y una inexistencia de puntos de recarga eléctrica. En lo que respecta al gas natural, tampoco existen canalizaciones de gas en el polígono. En cuanto al tema de las telecomunicaciones, es verdad que el polígono presenta una red de fibra óptica y banda ancha óptima para las necesidades actuales y que únicamente habría que seguir actualizándola.

En lo que respecta a los viales y accesos, se puede observar un deterioro del asfalto y baches, además de que habría que mejorar las entradas y salidas al polígono.

Por último, también sería necesario una zona de reciclaje, ya que no existe en todo el polígono contenedores ni de papel ni de plástico e interesaría además zonas verdes.

Respecto a las fortalezas y oportunidades que presenta este polígono y que lo convierte en un gran candidato para el reparto de última milla en la ciudad de Zaragoza, entre otras muchas funcionalidades más destacan las siguientes:

*Fortalezas:*

- Ubicación en el entorno urbano de la ciudad.
- Tráfico constante generado por mercado abastos.
- Conexiones con vías rápidas.
- Grandes empresas en crecimiento en entorno.
- **Ubicación estratégica para reparto de última milla.**
- Vías amplias para tráfico interno.
- Predisposición por parte de las empresas para poner en valor el polígono.

*Oportunidades:*

- Nuevas formas de movilidad de proximidad y puntos de recarga.
- Nuevas formas de utilización de las naves.
- Mejora accesos entradas y salidas al polígono.
- Zona servicios para barrios colindantes.
- Disponibilidad de espacios inmediata.
- Infraestructura ferroviaria infrautilizada.
- Polígono con proyección comercial.
- Financiación fondos europeos para ayudas renovación energía sostenible.
- Ser un referente en España como polígono integrado y sostenible en la ciudad.
- Espacio para generación de energía por medio de fotovoltaica.
- Generación de riqueza para la ciudad de Zaragoza.

Por lo tanto se puede observar que este polígono presenta un gran abanico de oportunidades y fortalezas que hay que explotar, y además, Anche Echegoya establece que la agenda 2030 es una gran oportunidad para acometer los cambios y mejoras necesarias al polígono.

Es aquí de donde parte este Trabajo Fin de Máster, en la propuesta de reconversión del polígono de Cogullada en un centro de distribución urbana de mercancías de última milla.

Por ello, en el capítulo siguiente se va a realizar un estudio de la logística, tanto la derivada del envío de paquetería a ciudadanos, como la derivada de envíos a comercios de la zona.

### 3. Comercio electrónico

Según establece la Comisión Nacional de los Mercados y de la Competencia (CNMC), la facturación del comercio electrónico en España ha superado los 12.000 millones de euros en el segundo trimestre de 2020 lo que ha supuesto un 0,2% más que el año anterior. [12]

Estas cifras demuestran que el comercio electrónico está siendo una de las grandes revoluciones informáticas en los últimos años, marcando un antes y un después en los hábitos de compra de la población española.

Por esta razón se va a realizar un análisis profundo en el que se va a tener en cuenta, por un lado, la logística derivada del envío de mercancías a los ciudadanos, para lo cual se va a realizar un estudio poblacional en los diferentes barrios de la ciudad de Zaragoza y se va a estudiar la cantidad de paquetes que demanda la población en un día. Después de esto, se realizará un estudio comercial en el cual se definirá a detalle la logística derivada del envío de mercancías a los comercios de las distintas zonas de la ciudad de Zaragoza y se realizará un análisis del número total de pedidos que se envían en un día a los diferentes comercios de la ciudad.

#### 3.1. Estudio poblacional.

A la hora de disponer de datos fiables sobre el número de pedidos que podrían generarse a diario en la ciudad de Zaragoza, vamos a establecer ciertos criterios.

En primer lugar partiremos de los datos demográficos de la población de la ciudad correspondientes al año 2021 y los agruparemos atendiendo al barrio de residencia [13]. De este modo, de acuerdo con la clasificación de las zonas de transporte que establecía el PMUS, podremos agrupar a la población en los diferentes anillos.

En segundo lugar, vamos a considerar como público objetivo de nuestro estudio a la población entre 14 y 70 años ya que es la franja de edad en que se puede dar un mayor uso de compras por internet.

En tercer lugar vamos a basarnos en el estudio llevado a cabo por IAB y elaborado por Elogia que establece que de la población total con acceso a internet el 93% utiliza internet y de este 93% el 72% ya lo usa como canal de compra [14].

ANILLO	BARRIO	SUPERFICIE (m2)	POBLACIÓN TOTAL	POBLACIÓN DE MENOS DE 14 Y DE MÁS DE 70	POBLACIÓN ENTRE 14 Y 70 AÑOS	POBLACIÓN INTERNAUTA	POBLACIÓN QUE COMPRÁ ONLINE	DENSIDAD DE POBLACIÓN (hab/km2)
1	Casco Histórico	1.984.383	46.930	12.943	33.987	31.608	22.758	23.650
	TOTAL ANILLO 1	<b>1.984.383</b>	<b>46.930</b>	<b>12.943</b>	<b>33.987</b>	<b>31.608</b>	<b>22.758</b>	<b>23.650</b>
2	Centro	1.808.623	53.045	17.988	35.057	32.603	23.474	29.329
2	El Rabal	8.375.902	78.997	22.227	56.770	52.796	38.013	9.431
	TOTAL ANILLO 2	<b>10.184.525</b>	<b>132.042</b>	<b>40.215</b>	<b>91.827</b>	<b>85.399</b>	<b>61.487</b>	<b>12.965</b>
3	Delicias	3.284.606	103.592	31.054	72.538	67.460	48.571	31.539
3	Universidad	3.020.154	50.342	15.970	34.372	31.966	23.015	16.669
3	Casablanca	5.693.768	10.226	3.302	6.924	6.439	4.636	1.796
3	Distrito Sur	60.498.932	39.217	11.705	27.512	25.586	18.422	648
3	San José	3.680.812	66.815	20.356	46.459	43.207	31.109	18.152
3	Las Fuentes	6.314.793	42.613	12.414	30.199	28.085	20.221	6.748
3	Almozara	3.767.367	29.853	7.976	21.877	20.346	14.649	7.924
3	Miralbueno	8.224.553	13.250	3.887	9.363	8.708	6.269	1.611
3	Oliver-Valdefierro	4.339.479	32.517	9.346	23.171	21.549	15.515	7.493
3	Torrero-La Paz	111.876.200	42.852	12.699	30.153	28.042	20.190	383
3	Actur-Rey Fernando	9.671.295	58.074	14.126	43.948	40.872	29.428	6.005
	TOTAL ANILLO 3	<b>220.371.959</b>	<b>489.351</b>	<b>142.835</b>	<b>346.516</b>	<b>322.260</b>	<b>232.027</b>	<b>2.221</b>

TABLA 1. Datos demográficos ciudad de Zaragoza.

Por lo tanto, a partir de los datos recogidos en la Tabla 1, se puede conocer con cierta aproximación la población total en cada uno de los diferentes barrios de la ciudad de Zaragoza que puede comprar productos por internet.

Conocida esta información, se puede estimar el número de pedidos diarios que se deberán entregar en cada uno de los barrios de la ciudad. Para ello, se ha acudido de nuevo al estudio comentado anteriormente, llevado a cabo por IAB y elaborado por Elogia, en el cual se establece la frecuencia de compra por internet.

En la Tabla 2, que se muestra a continuación, aparece el número total de pedidos que se deben entregar en cada uno de los barrios de la ciudad en función de la frecuencia de compra.

ANILLO	BARRIO	UNA VEZ AL DIA	TRES O CUATRO VECES POR SEMANA	UNA VEZ A LA SEMANA	UNA VEZ CADA 15 DIAS	UNA VEZ AL MES	MENOS DE UNA VEZ AL MES	TOTAL DE PEDIDOS AL DIA
1	Casco Histórico	455	1.821	5.007	6.600	5.917	2.959	2.767
	<b>TOTAL ANILLO 1</b>	<b>455</b>	<b>1.821</b>	<b>5.007</b>	<b>6.600</b>	<b>5.917</b>	<b>2.959</b>	<b>2.767</b>
2	Centro	469	1.878	5.164	6.808	6.103	3.052	2.854
2	El Rabal	760	3.041	8.363	11.024	9.883	4.942	4.622
	<b>TOTAL ANILLO 2</b>	<b>1.230</b>	<b>4.919</b>	<b>13.527</b>	<b>17.831</b>	<b>15.987</b>	<b>7.993</b>	<b>7.477</b>
3	Delicias	971	3.886	10.686	14.086	12.629	6.314	5.906
3	Universidad	460	1.841	5.063	6.674	5.984	2.992	2.799
3	Casablanca	93	371	1.020	1.345	1.205	603	564
3	Distrito Sur	368	1.474	4.053	5.342	4.790	2.395	2.240
3	San José	622	2.489	6.844	9.022	8.088	4.044	3.783
3	Las Fuentes	404	1.618	4.449	5.864	5.258	2.629	2.459
3	Almozara	293	1.172	3.223	4.248	3.809	1.904	1.781
3	Miralbueno	125	502	1.379	1.818	1.630	815	762
3	Oliver-Valdefierro	310	1.241	3.413	4.499	4.034	2.017	1.887
3	Torrero-La Paz	404	1.615	4.442	5.855	5.250	2.625	2.455
3	Actur-Rey Fernando	589	2.354	6.474	8.534	7.651	3.826	3.578
	<b>TOTAL ANILLO 3</b>	<b>4.641</b>	<b>18.562</b>	<b>51.046</b>	<b>67.288</b>	<b>60.327</b>	<b>30.164</b>	<b>28.213</b>

TABLA 2. Número de pedidos al día por parte de la población.

De esta forma se concluye que, al día, al anillo 1 se entregarán un total de 2.767 pedidos, en el anillo 2 un total de 7.477 y por último, en el anillo 3 un total de 28.213 pedidos. En el Anexo I de este documento se pueden encontrar los cálculos más detallados de estos pedidos.

A continuación, tal y como se ha comentado anteriormente, además del envío de paquetería a ciudadanos, se debe tener en cuenta la logística de envíos a comercios de la zona. Por ello en el siguiente apartado se va a realizar un estudio en profundidad de los comercios que hay en cada uno de los diferentes anillos de la ciudad.

### 3.2. Estudio comercial.

Además de realizar un estudio sobre el comercio online de los consumidores independientes, también hay que tener en cuenta la cantidad de comercios que existen en Zaragoza y los pedidos diarios que necesitan realizar con el fin de renovar su stock.

Por lo tanto, para poder determinar el número de pedidos diarios en comercios, primero es necesario saber cuántos comercios hay en la ciudad de Zaragoza.

Para ello, se ha acudido al Plan de Equipamiento Comercial de Zaragoza, llevado a cabo por la Cámara de Comercio y el Ayuntamiento de Zaragoza, y se ha observado que, “tras recorrer a pie todas las calles de la ciudad”, se han registrado un total de **6.170 establecimientos comerciales** de los cuales el 38,8% consisten en comercio especializado en bienes diarios (tiendas especializadas en alimentación, farmacias, droguerías, perfumerías, autoservicios, supermercados...), el 58% en comercios especializados en bienes ocasionales (tiendas especializadas en equipamiento personal, en equipamiento para el hogar, papelería, juguetes...) y el 3,2% en comercio mixto (grandes almacenes, hipermercados, almacenes populares...) [15].

En la siguiente figura se muestra un resumen evolutivo del número de establecimientos desde el 2009 hasta octubre del 2020 donde se puede observar un descenso de un 1,15% del número de comercios en el último año y de un 27,36% desde el 2009 hasta día de hoy.

	EVOLUTIVO				
	TOTAL 2009	TOTAL 2014	TOTAL Enero 2020	TOTAL oct 2020	Dif (%) ene-oct 2020
(1) Tiendas especializadas en alimentación	2.171	1.702	1447	1494	3,25%
(2) Tiendas especializadas en farmacia, droguería-perfumería	651	623	586	572	-2,39%
(9) Autoservicios-Superservicios	144	110	153	159	3,92%
(10) Supermercados	156	173	170	170	0,00%
<b>COMERCIO ESPECIALIZADO EN BIENES DIARIOS</b>	<b>3.121</b>	<b>2.608</b>	<b>2356</b>	<b>2395</b>	<b>1,66%</b>
(3) Tiendas especializadas en equipamiento personal	1.705	1.403	1.195	1130	-5,44%
(4) Tiendas especializadas en equipamiento del hogar	1.854	1.508	1.261	1222	-3,09%
(5) Tiendas especializadas en otros ocasionales	1.648	1.413	1.243	1226	-1,37%
<b>COMERCIO ESPECIALIZADO EN BIENES OCASIONALES</b>	<b>5.207</b>	<b>4.324</b>	<b>3699</b>	<b>3578</b>	<b>-3,27%</b>
(6) Hipermercados	7	5	5	5	0,00%
(7) Grandes almacenes	4	4	5	7	40,00%
(8) Almacenes populares	155	163	177	185	4,52%
<b>COMERCIO MIXTO</b>	<b>166</b>	<b>172</b>	<b>187</b>	<b>197</b>	<b>5,35%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>8.494</b>	<b>7.104</b>	<b>6.242</b>	<b>6170</b>	<b>-1,15%</b>

FIGURA 4. Censo de establecimientos comerciales [15].

En el Anexo I se puede encontrar una tabla resumen donde se muestra el número total de establecimientos comerciales y el número total de pedidos clasificados en función de las juntas municipales.

Pero, además de conocer el número total de establecimientos comerciales, se debe tener en cuenta los establecimientos dedicados a servicios de hostelería y restauración.

En la ciudad de Zaragoza, según establece el Plan Local de Equipamientos Comerciales, hay un total de **5.975 licencias IAE** de establecimientos dedicados a servicios de restauración, donde se encuentran tanto los bares y cafeterías como los restaurantes [15].

En la Tabla 3, que se muestra a continuación, aparece el número establecimientos comerciales, bares y restaurantes clasificados en función de las juntas municipales de la ciudad, y, de nuevo, en el Anexo I se encuentra explicado, de manera más extensa, cómo se ha obtenido el número total de pedidos diarios que demandarán dichos establecimientos teniendo en cuenta la frecuencia en la recepción de mercancías de cada uno de estos establecimientos.

ANILLO	BARRIO	COMERCIO ESPECIALIZADO EN BIENES DIARIOS	COMERCIO ESPECIALIZADO EN BIENES OCASIONALES	COMERCIO MIXTO	TOTAL COMERCIOS	RESTAURANTES Y BARES
1	Casco Histórico	288	434	22	744	1.148
	TOTAL ANILLO 1	288	434	22	<b>744</b>	<b>1.148</b>
2	Centro	279	695	14	988	1.058
2	El Rabal	227	177	22	426	404
	TOTAL ANILLO 2	506	872	36	<b>1.414</b>	<b>1.462</b>
3	Delicias	377	647	38	1.062	947
3	Universidad	170	284	14	468	630
3	Casablanca	74	71	5	150	34
3	Distrito Sur	1	0	0	1	9
3	San José	291	306	19	616	433
3	Las Fuentes	114	170	17	301	316
3	Almozara	78	113	7	198	264
3	Miralbueno	14	25	1	40	5
3	Oliver-Valdefierro	56	44	5	105	168
3	Torrero-La Paz	146	234	8	388	218
3	Actur-Rey Fernando	164	200	14	378	343
	TOTAL ANILLO 3	1.485	2.094	128	<b>3.707</b>	<b>3.365</b>

TABLA 3. Número de pedidos al día por parte de los comercios.

Por último, a modo resumen en la Tabla 4 se muestra el número total de pedidos diarios que van a ser transportados desde el polígono de Cogullada a las diferentes zonas de la ciudad.

ANILLO	eCommerce	Establecimientos	TOTAL
1	2.773	1.472	<b>4.244</b>
2	7.506	2.033	<b>9.540</b>
3	28.320	5.048	<b>33.368</b>
<b>TOTAL ZARAGOZA</b>			<b>47.152</b>

TABLA 4. Número total de pedidos en cada uno de los anillos.

Tal y como se puede observar en la Tabla 4, el número total de pedidos que serán necesarios transportar en el anillo 1 son de **4.244**, en el anillo 2 de **9.540** y en el anillo 3 de **33.368** pedidos.

Una vez conocido el número de pedidos que se demandan en cada uno de los anillos de la ciudad, en el capítulo 4 de este documento, se van a estudiar los diferentes tipos de vehículos de reparto cero emisiones que se podría utilizar para el reparto de estos pedidos y, posteriormente, en el capítulo 5 se estudiarán las diferentes rutas, tiempos de recargas y de circulación para el reparto de los pedidos.

#### 4. Flota de vehículos disponible

El transporte es el sector que más energía consume en España alcanzando un 40% del total nacional [16]. La mayor parte de esta energía procede del petróleo, lo que significa que el transporte es el responsable de gran parte de las emisiones de gases del efecto invernadero y contribuye significativamente al cambio climático.

Por ello, reducir los efectos adversos del transporte es uno de los principales objetivos políticos de la UE. Una de las medidas para conseguir este objetivo consiste en desplazar el transporte hacia modalidades menos contaminantes y más eficientes, lo que se consigue reemplazando parcial o totalmente los combustibles convencionales, es decir, la gasolina y el gasóleo.

Esto hace que, hoy en día, los vehículos eléctricos hayan aumentado su presencia de manera exponencial en todo el mundo haciendo que, en 2017 circulasen más de tres millones de vehículos de este tipo en Estados Unidos, Asia y Europa [17].

Sin embargo, la industria del automóvil vende los coches eléctricos como “Cero Emisiones” aunque esto no es del todo cierto. Los vehículos eléctricos no emiten humo, sin embargo, la energía que los mueve proviene en más de un 70% de energías no renovables que pueden llegar a ser muy contaminantes. [18]

Por esta razón, en el presente Trabajo Fin de Máster, no solo se va a estudiar el polígono de Cogullada como posible centro logístico, sino que también, de cara a lo comentado anteriormente, se va a realizar un estudio de la cantidad de energía que se puede obtener mediante la implantación de módulos FV ubicados en las cubiertas de los almacenes con el objetivo de determinar si el polígono es capaz de abastecer la recarga de todos los vehículos de la flota. De esta manera, todos los vehículos eléctricos se cargarían en el polígono y se garantizaría una procedencia de esa energía 100% renovable para estos automóviles, lo que les convertiría en “vehículos cero emisiones”.

##### 4.1. Vehículos bajos en emisiones.

El transporte de última milla es hoy en día realizado principalmente por furgonetas de tamaño medio o tamaño grande, que permiten transportar productos de gran tamaño y en lotes elevados. Sin embargo, en el futuro se prevé que las bicicletas eléctricas dominen estos trabajos, ya que son un 60% más rápidas en realizar la tarea, según un estudio publicado en Reino Unido [19].

Por ello, en este apartado no solo se van a analizar los vehículos considerados “tradicionales” en el mundo de la logística si no que dentro de los vehículos considerados como de bajas emisiones se analizarán los vehículos pequeños (bicicletas o motos), los vehículos medianos (coches o furgonetas medianas) y por último de los vehículos grandes (furgonetas grandes o camiones).

A la hora de seleccionar un vehículo de cero emisiones, se tendrán en cuenta la velocidad, la autonomía, el volumen de carga y el precio de cada uno de ellos.

###### 3.1.1. Vehículos pequeños:

Las bicicletas eléctricas de carga o también conocidas como e-cargo bikes están dando pasos agigantados en el mundo de la logística y se postulan como una de las opciones

ideales para el transporte de mercancías en las ciudades. Este tipo de vehículo, además de garantizar una reducción de las emisiones y solventar el problema de la contaminación acústica, permiten acabar con los atascos en las grandes ciudades consiguiendo de esta manera aumentar la rapidez y los tiempos de reparto en comparación con los coches y furgonetas, permitiendo además encontrar facilidades a la hora de estacionar. Además, de acuerdo con el capítulo 3 de este trabajo fin de máster, se ha estudiado que cada vez son más los usuarios que hacen uso del comercio electrónico y demandan una gran cantidad de pedidos, de pequeño tamaño y además deseando recibirla en el menor tiempo posible. Es por ello por lo que cada vez son más las compañías que están desarrollando triciclos y bicicletas eléctricas para el reparto de mercancías a consumidores particulares.

MRW, Seur, GLS o Correos Express son algunas compañías que han introducido recientemente las bicicletas eléctricas en sus operativas [20]. Sin embargo, una de las empresas pioneras en utilizar este tipo de vehículos fue DLH Express quienes en 2014, lanzaron al mercado dos modelos de bicicletas para el reparto urgente de pequeños paquetes y documentos con el objetivo de mejorar la eficiencia del transporte, haciendo que la mercancía pudiese llegar directamente hasta la puerta del destinatario sin verse afectados por el volumen de tráfico del centro o de las restricciones de acceso [21].

El primer modelo conocido como “*DHL Parcycle*”, se probó en Berlín y se caracterizaba por llevar incorporada una caja de transporte con una capacidad de 140 litros. El segundo modelo, conocido como “*DHL Touring Bike*” se probó en Frankfurt y, a diferencia del modelo anterior, era más maniobrable ya que no llevaba ninguna caja incorporada si no que era el mensajero el que debía llevar los pedidos en su mochila. El objetivo que perseguía DHL Express era el de aumentar el uso de mensajeros que fueran en bicicleta en aquellas ciudades donde se pudiese ofrecer un mejor y más eficaz servicio [21].

Es por ello por lo que, poco a poco, esta empresa al igual que el resto de compañías de la competencia, fueron investigando y realizando modelos más avanzados que han sido probados en muchos países europeos llegando incluso hasta España.

En Madrid, DHL ha implantado un sistema de reparto ecológico para las entregas en el centro de la ciudad mediante bicicletas de carga eléctrica. Estas bicicletas destacan por tener un volumen de carga de hasta 320 litros, con un contenedor de 110x55x80 cm estando preparada para el transporte de paquetes de pequeño volumen. Además este tipo de vehículo utilizado por la compañía DHL puede ser cargado con una media de **40 kg** y presenta una **autonomía de 45 km** [22].

Otra empresa que también está haciendo uso de las bicicletas eléctricas para el transporte de mercancías es Dachser. Esta compañía ya ha realizado entregas de mercancías en grandes ciudades europeas como París, Praga, Alemania y Málaga [23]. Las bicicletas eléctricas utilizadas por esta empresa cuentan con un depósito de carga, ubicado en la parte trasera del vehículo que consta de 2 metros de altura y permite transportar hasta **250 kg** de mercancías.

Poco a poco van saliendo al mercado más modelos de bicicletas de carga o cargo bikes. Bicicletas de carga eléctricas como la “*Cargo Bike Yokler*” para el reparto de última milla destaca por ser capaz de transportar en su zona de carga cubierta y segura más de **150 kg** de peso aunque resultan algo caras hoy en día [24]. Entre las características más

destacables de este modelo, además del peso que son capaces de transportar, destacan una autonomía de unos **20 km**, un tiempo de recarga de las baterías de unas 4 horas y un motor de 36 V con una potencia de 250 W [25]. Por último, por comentar algún modelo más de reparto de última milla, destaca el modelo Ebici Cargo Box. Este modelo cuenta con un motor de 250 W, una batería de 36 V y 13 Ah, un tiempo de recarga de entre 4 y 5 horas, una capacidad de carga de hasta 170 kg (incluyendo el peso del usuario) y una autonomía de **40-160 kilómetros** (dependiendo de lo cargado que vaya el vehículo) [26-27].

Por lo tanto, una vez estudiados los diferentes modelos de bicicletas eléctricas utilizadas para el transporte de mercancías, se ha establecido que el modelo “Ebici Cargo Box” será el utilizado por ser el que presenta unas características técnicas medias. Los datos que serán utilizados posteriormente de autonomía, volumen de carga y velocidad son los que aparecen en la tabla 5 que se muestra a continuación.

Datos Ebici Cargo Box			
Autonomía	Volumen de carga	Velocidad	Precio
80 km	70 kg	25 km/h	1.890 euros

TABLA 5. Datos generales bicicletas eléctricas.

A continuación, en la Figura 5 se puede observar los modelos que han sido descritos con anterioridad.



FIGURA 5. Modelo “DHL parcycle” [24], modelo Dachser [25], modelo “Yokler” [23] y modelo Ebici Cargo Box [26].

Por lo tanto, tal y como se ha podido comprobar, las bicicletas eléctricas son una gran alternativa para el reparto de lotes unitarios y pequeños pero no son la única opción. Con

objetivo de solventar el problema de los atascos y de los problemas de estacionamiento, además de las bicicletas también entran en juego las motos eléctricas.

El número de motos eléctricas matriculadas en España entre los años 2012 y 2020 ha experimentado un elevado crecimiento, pasando de 1.457 motos matriculadas en 2012 a 14.580 en 2020 [28]. Esto también se ha visto reflejado en las compañías de repartos, sobre todo para el transporte de hostelería, donde las motos eléctricas se han convertido en una de las alternativas más rentables para los negocios. Dado que existen muchos modelos diferentes de motos eléctricas, en este trabajo fin de máster se van a resumir las características de los modelos más recientes.

Una de las motos eléctricas para el reparto de mercancías más conocidas hoy en día es el modelo “*X-Press*” de la marca Scoomart. Este modelo cuenta con un baúl trasero capaz de albergar una carga de más de **30 kg** y revestido con aislante térmico y acústico en su interior. Además del maletero trasero, la moto cuenta con una cesta delantera para almacenar aún más (llegando a transportar hasta **50 kg** de carga extra). Por último, hay que destacar que este modelo tiene capacidad en su interior para albergar dos baterías haciendo que la autonomía de esta aumentase hasta **100 kilómetros** [29].

Otro de los modelos más recientes de motos eléctricas destinadas para reparto a domicilio es el modelo denominado “*Robo S Delivery*”. Este modelo, al igual que el caso anterior, lleva incorporado un gran baúl trasero de 90 o 100 litros. Además, también cuenta con una doble batería con la que se consigue una autonomía de hasta **130 kilómetros** y llega a alcanzar velocidades de 80 km/h [30].

Por último, uno de los modelos más utilizados por su alta eficiencia y por presentar distintas versiones en función de las necesidades de cada cliente es el modelo “*Silence S02*”. Este modelo de moto eléctrica es utilizado por muchas empresas (Correos, Seur, MRW, Amazon, Dominos, Telepizza...) para el transporte de mercancías de última milla. Entre las características más importantes cabe señalar que presenta una autonomía homologada de **127 kilómetros**, su velocidad está limitada a 90 km/hora y entre los accesorios destacan un baúl en la parte trasera y una bolsa de paquetería en los pies de la parte delantera [31].

Por lo tanto, una vez estudiados una pequeña muestra de los diferentes modelos de motos eléctricas utilizadas para el transporte de mercancías, se ha establecido que el modelo “*Robo S Delivery*” será el utilizado por ser el que presenta unas características técnicas medias. Los datos que serán utilizados posteriormente de autonomía y velocidad son los que aparecen en la Tabla 6 que se muestra a continuación.

Datos Robo S Delivery		
Autonomía	Velocidad	Precio
130 km	90 km/h	3.650 euros

TABLA 6. Datos generales motos eléctricas.

A continuación, en la Figura 6 se muestran los modelos de motos que han sido descritas con anterioridad.



FIGURA 6. Modelo “X-Press” [28], modelo “Robo S Delivery” [30] y modelo “Silence S02” [31]

### 3.1.2. Vehículos medianos:

Para el transporte de mercancías de mayor tamaño o el transporte de mercancías a establecimientos comerciales, bares o restaurantes, no bastará con las bicicletas o motos eléctricas comentadas en el apartado anterior si no que serán necesarios vehículos de mayor tamaño.

Dentro de los vehículos medianos cero emisiones toman un papel muy importante las furgonetas eléctricas. Dichas furgonetas parecen que acabarán imponiéndose como opción tecnológica a medio y largo plazo, debido a que ofrecen grandes ventajas en cuanto a reducciones de emisiones contaminantes allí donde es imprescindible: en los núcleos urbanos.

Además de tratarse de un vehículo que no contamina (lo que conlleva además no pagar impuesto de circulación), estos vehículos presentan numerosas ventajas entre las que destacan: aparcamiento gratuito, la recarga de la batería es más barato que llenar un depósito de una furgoneta convencional, el mantenimiento de la misma también es más económico (ya que están exentas de cambios de filtros, aceite, etc) y, por último, este tipo de vehículos ecológico podrán entrar a todos los barrios de la ciudad, salvo en el casco histórico que está limitado el acceso a solo vehículos residentes.

Sin embargo, a pesar de la gran cantidad de beneficios que presentan estos vehículos, lo cierto es que en algunos aspectos están lejos de superar a sus homólogos de gasolina y diésel [32]. Entre las principales desventajas destacan: la autonomía (aunque cada vez se están consiguiendo baterías eléctricas más potentes y duraderas y es cuestión de tiempo que igualen o superen en capacidad energética a los depósitos de combustibles de las furgonetas convencionales), los costes iniciales y el tiempo de carga.

Debido a que existe una gran variedad de modelos diferentes, a continuación, se van a resumir algunos de estos modelos para, posteriormente, elaborar unos datos generales con los que poder calcular las rutas en el capítulo 5 de este documento.

El primer modelo a comentar, ya que se trata de uno de los más conocidos es el “*Citroen e-Berlingo Multispace*”. Este modelo es la variante totalmente eléctrica del Berlingo más polivalente de la gama. Entre las características más relevantes de este modelo destaca un espacio de carga de hasta 3.000 litros con los asientos de la segunda fila retirados. Esto permite el reparto de última milla de un mayor número de pedidos que el que se podía realizar con bicicletas y motos eléctricas [33]. Además, este modelo está equipado por un

motor eléctrico de tipo síncrono con imanes permanentes de 67 CV y 200 Nm de par. En cuanto a las baterías, el Citroen e-Berlingo está equipado por un par de baterías de iones de litio con una capacidad de 22,5 kWh, lo que le da una autonomía de **170 km**. Por último, resulta interesante comentar que este modelo presenta diferentes modos de recarga, desde el estándar en un enchufe convencional que permite una recarga completa en 8h 30, 12 h o 15 h según el amperaje de la toma de corriente, a la recarga rápida que permite conseguir una autonomía de un 50% en 15 min y del 80% en 30 min.

Otra marca muy conocida en el mercado automovilístico es Nissan. En este caso, la “Nissan e-NV200” alcanza los 4,2 metros cúbicos de carga (caben dos europalets) y permite llevar hasta 701 kg de peso. En lo que se refiere al equipamiento eléctrico, el modelo consta de un motor eléctrico de 109 CV de potencia y las baterías presentan una capacidad de 40 kWh. Con eso es posible conseguir una autonomía de unos **300 kilómetros**. La carga se puede hacer mediante una toma normal de 6,6 kW en 6-7 horas o en una rápida CHAdeMO a 50 kW en menos de una hora [34].

Por otra parte, la marca Mercedes no ha querido ser menos y ha sacado también al mercado furgonetas eléctricas. La “Mercedes e-VITO” es la variante con propulsión eléctrica de la ya clásica furgoneta media de la marca alemana. Se mueve gracias a un motor eléctrico de 85 kW de potencia (es decir, 116 CV). En lo que se refiere a la batería, este modelo cuenta con una batería de 35 kWh de capacidad útil, lo cual es suficiente para recorrer hasta **181 km** antes de detenerse a enchufarla. Además, tiene 6,6 metros cúbicos de capacidad algo mayor que los modelos anteriores, pero sin embargo resulta un poco más cara [34].

Por último dentro del grupo de vehículos eléctricos medianos no nos podemos olvidar de Opel. La conocida marca de automóviles sacó al mercado dos modelos eléctricos que hoy en día son muy conocidos. En primer lugar, el modelo “Opel Combo-e” cuenta con un motor eléctrico de 136 CV y 260 Nm. Además presenta una batería de 50 kWh que llega a ofrecer una autonomía de hasta **280 kilómetros** cargándose en 7 horas y media. Por último, en cuanto a la capacidad, la Opel Combo-e es muy parecida a la Citroen e-Berlingo ya que presenta una capacidad de carga de casi 3000 litros. Por otro lado, dentro de los modelos eléctricos más conocidos en esta compañía destaca la “Opel Vivaro-e” que es la primera furgoneta eléctrica de la firma. Se propulsa gracias a un motor eléctrico de 136 CV, al igual que el caso anterior. Sin embargo, presenta dos opciones de baterías: por un lado una de 50 kWh con la cual se llega a conseguir recorrer hasta 230 km y otra de 75 kWh con la cual se llegan a recorrer los **330 km** hasta volver a enchufarla de nuevo. En cuanto a la capacidad de carga presenta un volumen mayor que la Combo-e ya que es capaz de albergar hasta 6,6 metros cúbicos [33].

Por lo tanto, una vez estudiados una pequeña muestra de los diferentes modelos de furgonetas eléctricas medianas utilizadas para el transporte de mercancías, se ha establecido que el modelo “*Opel Combo-e*” será el utilizado por ser el que presenta unas características técnicas medias. Los datos que se han establecido son los que aparecen en la Tabla 7 que se muestra a continuación.

Datos Opel Combo-e		
Autonomía	Velocidad	Precio
280 km	120 km/h	36.400 euros

TABLA 7. Datos generales furgonetas eléctricas medianas.

A continuación, en la Figura 7 se muestran los modelos de furgonetas eléctricas medianas descritas anteriormente.



FIGURA 7. Modelo “Citroen e-Berlingo Multispace”, modelo “Nissan e-NV200”, modelo “Mercedes eVito” y modelo “Opel Combo-e” [34].

### 3.1.3. Vehículos grandes:

De la misma manera que se han analizado los vehículos pequeños y los medianos, también existen furgonetas con mayor capacidad de carga que se utilizan para el transporte de mercancía de gran tamaño donde las furgonetas medianas no sirven o incluso sirviendo serían necesarios varios viajes por lo que no saldrían rentables.

Las mismas compañías comentadas anteriormente presentan en su flota una serie de vehículos de mayor tamaño y que son capaces de albergar un mayor número de pedidos y de mayores dimensiones. Es el caso de Mercedes por ejemplo, quienes en su flota de furgonetas medianas se encuentra la “Mercedes eVito” comentada anteriormente y en su flota de vehículos de mayor tamaño se encuentra la “Mercedes eSprinter”. Este modelo es alimentado mediante un motor eléctrico de 116 CV y 295 Nm de par y dispone de una batería estándar de tres módulos de iones litio con 35 kWh que le otorgan una autonomía de **120 km**. La velocidad máxima que puede alcanzar es de 120 km/h y cuenta con un volumen de carga de 11 metros cúbicos (casi el doble que la “Mercedes eVito”) [34].

Por otro lado, otro modelo muy conocido en el mercado de furgonetas eléctricas grandes es el “Fiat E-Ducato”. Esta furgoneta es impulsada por un motor eléctrico de 122 CV de potencia y 280 Nm de par. Es alimentado mediante una batería de 47 kWh que le ofrece

una autonomía de **200 km** pero puede optarse por una variante de 79 kWh de capacidad que le otorga **330 km** de autonomía. Por último, es importante comentar que este vehículo cuenta con una capacidad de carga que oscila entre los 10 y los 17 metros cúbicos dependiendo del modelo escogido [35].

Otro modelo muy conocido en el mercado es el “e-Crafter” de la empresa Volkswagen, ya que es el primer vehículo de dicha compañía 100% eléctrico. Esta versión dispone de un volumen de carga de 10,7 metros cúbicos y una carga útil máxima de 1.700 kg. Además en cuanto a aspectos eléctricos, es alimentada mediante un motor de 136 CV y dispone de una batería de 35,8 kWh que le permite obtener una autonomía de **173 km** [36].

Con unas prestaciones muy parecidas a las anteriores, es interesante comentar la furgoneta eléctrica de la compañía Maxus. El modelo “Maxus EV80” se ha postulado como uno de los vehículos eléctricos grandes mejor valorados, siendo líder en su categoría. La propia compañía la define como “la solución real a la última milla”. Este modelo posee una batería de la nueva generación de ion litio de fosfato férrico de alta densidad, con una capacidad de 56 kWh que le otorga una autonomía de **200 km** y además, presenta un volumen de carga de más de 10,2 metros cúbicos [37].

Por lo tanto, una vez analizado el mercado de vehículos eléctricos grandes, en la Tabla 8 se encuentran resumidos los datos generales del modelo “Fiat E-Ducato” que ha sido el que se ha elegido por disponer unas características técnicas medias.

Datos Fiat E-Ducato			
Autonomía	Volumen de carga	Velocidad	Precio
200 km	15 m <sup>3</sup>	120 km/h	58.310 euros

TABLA 8. Datos generales furgonetas eléctricas grandes.

Por último, en la Figura 8 se muestran los modelos de furgonetas eléctricas grandes descritas anteriormente.



FIGURA 8. Modelo “Mercedes eSprinter” [34], modelo “Fiat E-Ducato” [35], modelo “e-Crafter” [36] y modelo “Maxus EV80” [37].

### 3.2. Puntos de carga.

Aunque la autonomía de los vehículos eléctricos para el transporte de mercancías de última milla es lo suficientemente elevada como para no tener que realizar recargas intermedias, resulta interesante tener en cuenta los puntos de recarga actuales distribuidos por la ciudad, los cuales se podrían utilizar en caso de necesidad, aprovechando, por ejemplo, los tiempos de entrega de las mercancías en los que el vehículo debe estar estacionado.

Es importante comentar que, en los últimos años, el número de puntos de recarga ha aumentado considerablemente, hecho que favorece la adquisición de vehículos eléctricos. Sin embargo, no todos los puntos de recarga son iguales ya que varían en función del tipo de enchufe y del tipo de ubicación [38].

A continuación, en la Figura 9 se muestra el plano de la ciudad de Zaragoza con todos los puntos de recarga de vehículos eléctricos que dispone la ciudad. Es importante mencionar que en dicha figura se hace una distinción en función del tipo de ubicación y del tipo de enchufe. Esta leyenda se puede observar en la Figura 10 [39].

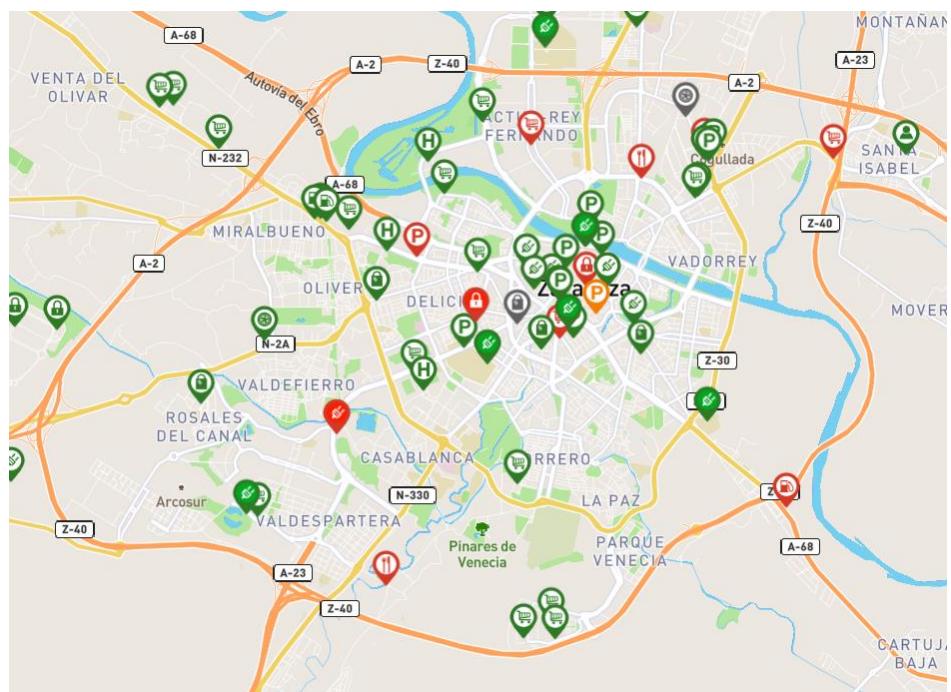


FIGURA 9. Mapa puntos de recarga de vehículos eléctricos en Zaragoza [39]



FIGURA 10. Leyenda mapa figura 9 [39].

A continuación, de acuerdo con las figuras 9 y 10, se ha decidido elaborar una tabla resumen donde se han indicado el número de puntos de recarga en cada uno de los tres anillos indicando además el tipo de ubicación de cada uno de ellos y su estado (en funcionamiento, algunos enchufes no funcionan y no funcionan). Se ha observado que en el **anillo 1** hay un total de **10 puntos de recarga**, en el **anillo 2** un total de **15 puntos de recarga** (se han incluido los 10 del anillo 1, es decir, nuevos puntos de recarga respecto al anillo 1 son solo 5) y en el **anillo 3** un total de **32 puntos de recarga** (se han incluido los 15 del anillo 2, mismo procedimiento que el comentado anteriormente). En la Tabla 9 se observa más en profundidad el desglose de estos puntos de recarga.

Tipo de Ubicación	Estado	Anillo 1	Anillo 2	Anillo 3
En superficie	Funciona	6	8	10
	Algunos enchufes no funcionan	0	0	0
	No funciona	0	0	0
En parking	Funciona	3	5	8
	Algunos enchufes no funcionan	1	1	1
	No funciona	0	0	1
En hotel	Funciona	1	1	4
	Algunos enchufes no funcionan	0	0	0
	No funciona	0	0	0
Privado	Funciona	0	0	0
	Algunos enchufes no funcionan	0	0	0
	No funciona	1	1	2
En tienda	Funciona	0	1	3
	Algunos enchufes no funcionan	0	0	0
	No funciona	0	0	0
En supermercado	Funciona	0	0	7
	Algunos enchufes no funcionan	0	0	0
	No funciona	0	1	2
En restaurante	Funciona	0	0	0
	Algunos enchufes no funcionan	0	0	0
	No funciona	0	1	1
<b>TOTAL Puntos de Carga</b>	<b>Funcionan</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>32</b>

TABLA 9. Resumen puntos de recarga por anillos.

## 5. Cogullada como centro de distribución

Se sabe que el polígono de Cogullada se halla en un lugar estratégico pero ¿a cuanta distancia se encuentra respecto de los diferentes anillos? Si se realiza una estimación rápida, trazando una línea recta desde el extremo más alejado del polígono al extremo más alejado del anillo 1, se observa una distancia de 5,20 kilómetros. Trazando la misma línea recta desde el extremo más alejado del polígono al extremo más alejado del anillo 2 se obtiene una distancia de 5,72 kilómetros y al punto más alejado del anillo 3 la distancia se convierte en 7,60 kilómetros.

Por lo tanto, mediante estas distancias, que tal y como se observa no son muy elevadas, se va a realizar un estudio más detallado de diferentes rutas de reparto de mercancías desde el polígono de Cogullada a las distintas zonas de la ciudad. Una vez conocidas las rutas se estimará el número de vehículos necesarios en función de los pedidos en cada uno de los anillos (calculados previamente en el apartado 3 de este documento). Finalmente, conocido el número de vehículos necesarios, se estimará la energía necesaria para la recarga de todos ellos.

### 5.1. Estudio de las rutas.

Se van a estudiar posibles rutas de reparto desde el polígono de Cogullada a los distintos anillos. Como punto de partida, se debe tener en cuenta el tipo de vehículos que podrán acceder a cada uno de los anillos.

- **Anillo 1:** solo podrán circular por el interior los vehículos de vecinos del barrio.
- **Anillo 2:** además de los vehículos de los vecinos del barrio, también se les permitirá la entrada a los vehículos Cero emisiones y ECO.
- **Anillo 3:** además de los vehículos permitidos en el anillo dos, se les permitirá la entrada a los vehículos de la clase C.

#### 5.1.1. Rutas anillo 1:

Por el interior del anillo 1 solo se contempla la circulación de vehículos de vecinos del barrio sin embargo, tal y como se lleva a cabo en otras ciudades con modelos urbanos similares, se realiza una excepción para poder abastecer a los comercios, es decir a los restaurantes, hoteles y establecimientos con vehículos cero emisiones.

Sabiendo esto, se van a establecer dos rutas diferentes: una realizada por bicicletas (que se encargarán de trasportar los pedidos poco voluminosos y pesados) y otra realizada por furgonetas (que se encargarán de transportar los pedidos de mayor peso y volumen). A continuación se establecen ambas rutas.

- Ruta realizada con bicicletas:

Tal y como se ha comentado a lo largo de este documento, el comercio electrónico hace referencia a las compras que realizan los usuarios individuales y que esperan recibir en su domicilio en un tiempo determinado. Por lo tanto, normalmente se trata de pedidos poco voluminosos y de pesos reducidos que podrían ser transportados por vehículos pequeños de cero emisiones como las bicicletas y las motos.

En los últimos años la ciudad de Zaragoza ha apostado por el desarrollo de una importante infraestructura ciclista pasando de apenas 9 km de red en el año 2000 a unos 134 km de vías ciclistas en abril de 2018. Además, según establece el PMUS en su estrategia de movilidad ciclista, se pretende conseguir una ampliación de la infraestructura ciclista en 106 kilómetros llegando a los 240 km de red, lo que implica aumentar la red existente en un 79% [42]. Esta ampliación se realizará en distintas etapas y por ello resulta imprescindible distinguir en qué estado se encuentran cada una de las vías.

Por ello se ha acudido a los datos abiertos del ayuntamiento de Zaragoza [44] y se han obtenido los carriles bici existentes (tanto bidireccionales como unidireccionales) además de los carriles calmados (que son carriles que pueden ser usados por bicicletas y vehículos de movilidad de personas limitados a 30 km/h) y de las sendas ciclables. A continuación, en la Figura 11 se muestran los carriles comentados anteriormente e indicando además en la misma, la situación del polígono de Cogullada y los anillos en los que queda dividida la ciudad.

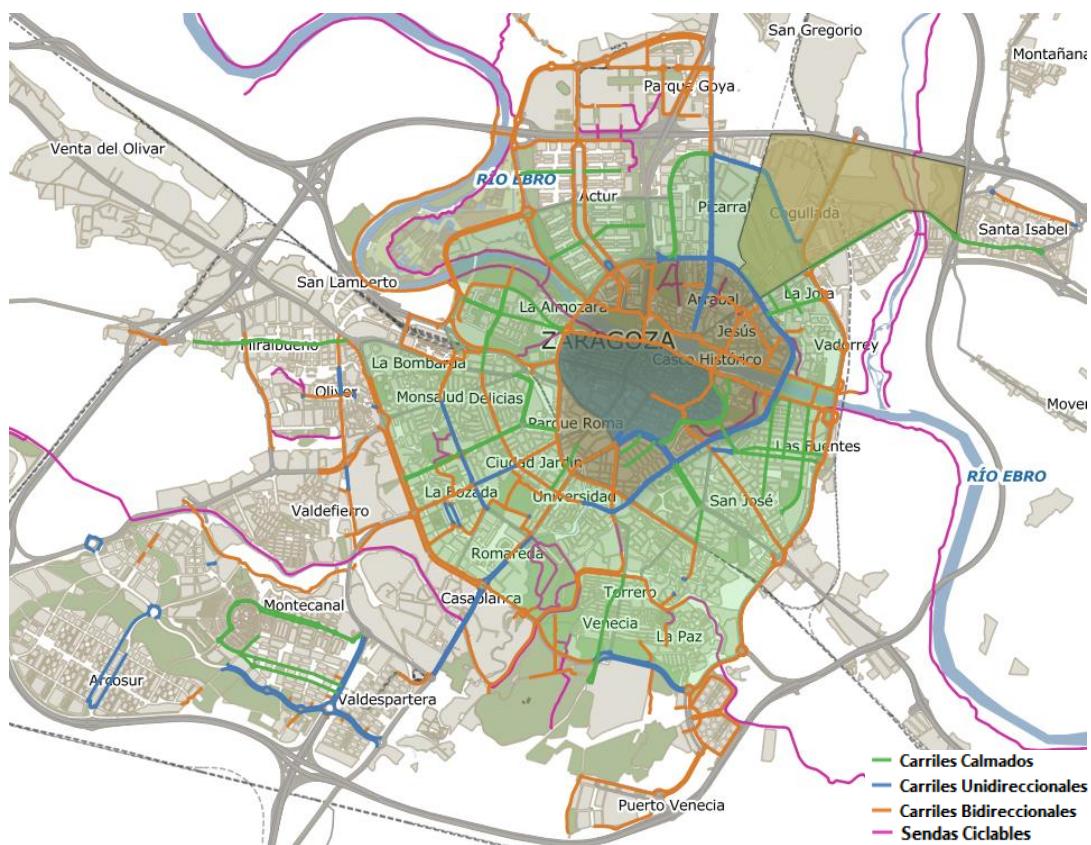


FIGURA 11. Mapa carriles bici Zaragoza.

Fuente: elaboración propia.

Tal y como se puede observar, existe una gran red ciclista en la ciudad de Zaragoza. Es por ello por lo que se ha decidido elaborar una ruta de reparto de pedidos poco voluminosos y pesados desde Cogullada a los residentes del anillo 1 de la ciudad.

A continuación, en la Figura 12 puede observarse una ampliación de la figura anterior donde se ve en mayor detalle los carriles existentes del anillo 1.

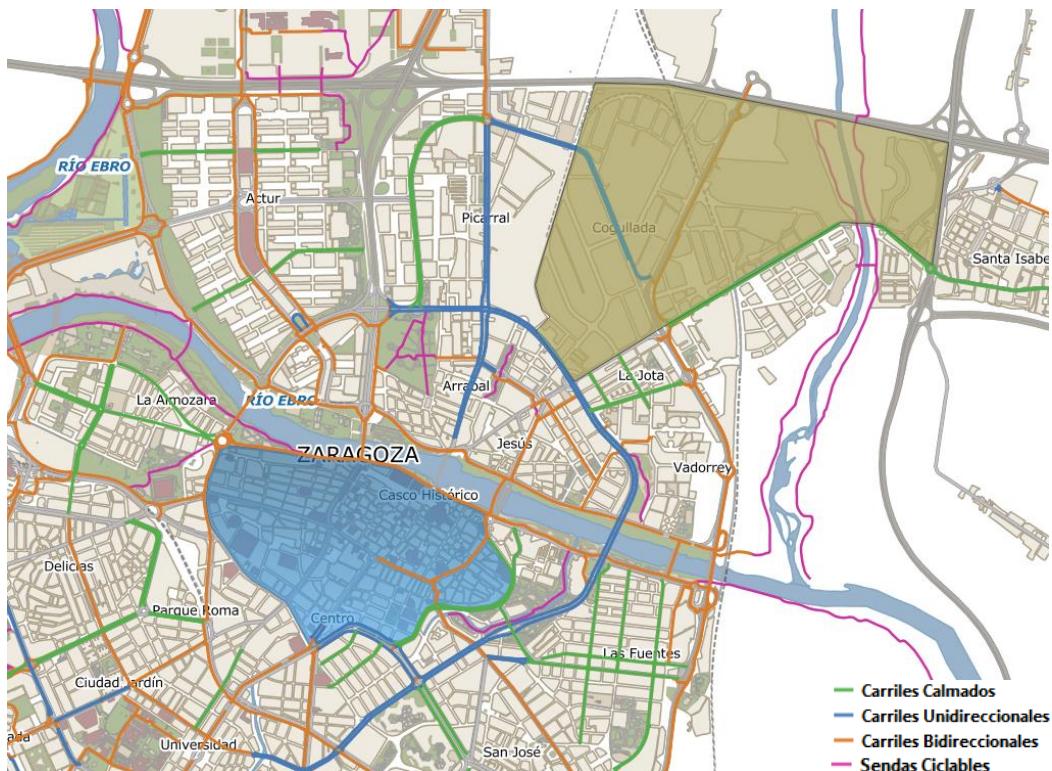


FIGURA 12. Mapa carriles bici Anillo 1.

Fuente: elaboración propia.

Tal y como se observa en la Figura 12, dentro del anillo 1 no existen redes ciclistas, por lo que se propone como primera aproximación una ruta circular que permita abarcar toda la zona. Esta ruta, partirá desde el polígono de Cogullada y recorrerá las calles: Avenida Cataluña, Calle Marqués de la Cadena, Calle José Oto, Avenida Puente del Pilar, Paseo Echegaray y Caballero, Paseo María Agustín, Avenida José Anselmo Clave, Paseo Gran Vía, Paseo Constitución, Paseo de la Mina, Calle Asalto, Calle Alonso V y la calle del Coso.

La ruta constará de **9,45 kilómetros** contando ida y vuelta al polígono. Por lo tanto, dado que la autonomía de las bicicletas seleccionadas es de 80 kilómetros, no será necesario la recarga intermedia de la flota entre ambos turnos. A continuación, en la Figura 13 se puede observar la ruta propuesta donde la línea roja representa el tramo de ida y la línea verde el de vuelta al polígono.

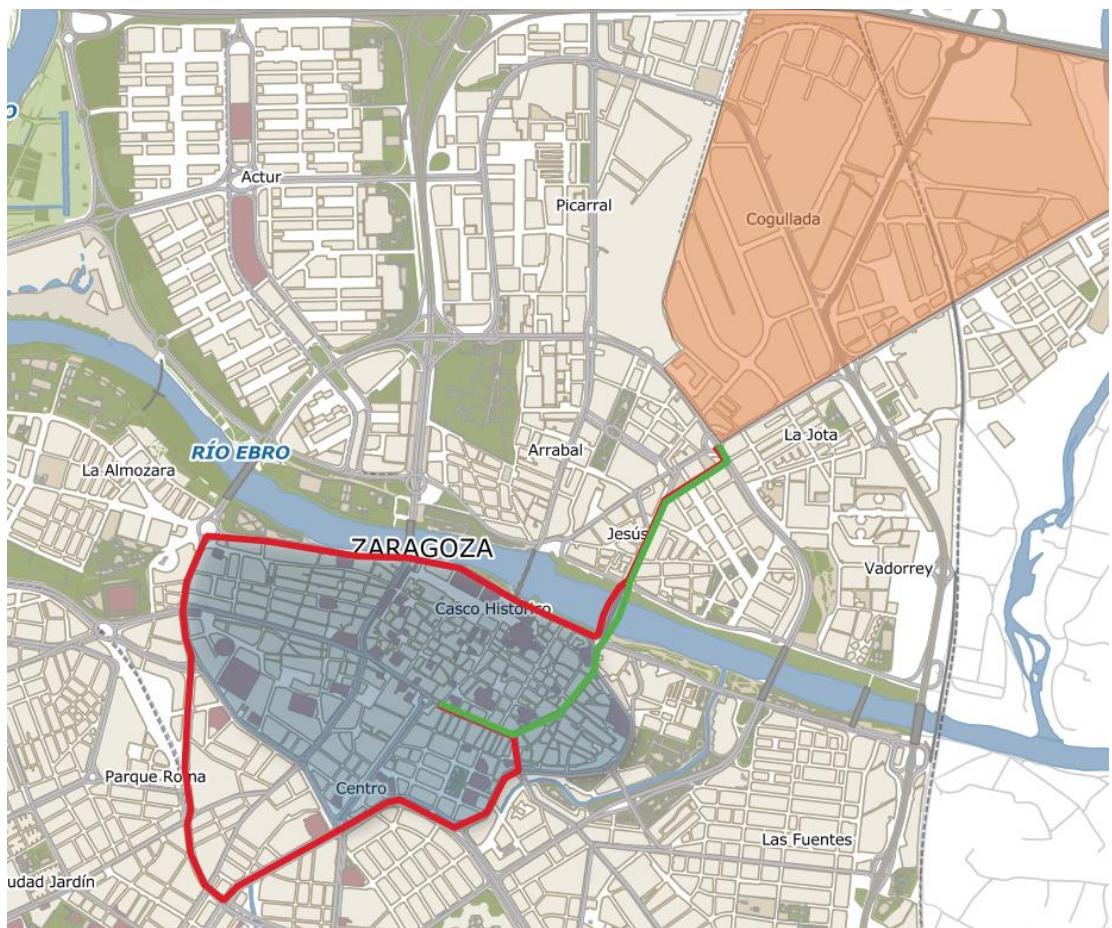


FIGURA 13. Ruta propuesta bicicletas Anillo 1

Fuente: elaboración propia.

- Ruta realizada con furgonetas:

A continuación, además del transporte de los pedidos correspondientes al comercio electrónico, es importante destacar el transporte de los pedidos demandados por los establecimientos comerciales. En estos casos los envíos son mucho más voluminosos y pesados por lo que se espera poder realizar el transporte de dichos pedidos mediante furgonetas eléctricas de cero emisiones.

Esta medida incumpliría la normativa impuesta por el PMUS en lo que se refiere a las restricciones de movilidad, donde se establece la prohibición de acceso al anillo 1 de la ciudad a toda clase de vehículos salvo para los vehículos de los vecinos del barrio. Sin embargo se confía en poder realizar esta excepción y transportar estas mercancías en furgonetas eléctricas cero emisiones siguiendo el ejemplo de otras ciudades con modelos urbanísticos similares (Barcelona, Madrid...).

Por ello, en la Figura 14 se muestra una ruta propuesta para el transporte de mercancías en el anillo 1 de la ciudad. Dado que es el anillo más pequeño, se ha considerado que será suficiente con una sola ruta para abastecer a todos los comercios y residentes del barrio.

De la misma manera que en el caso anterior, la línea roja representa el recorrido de ida desde el polígono al anillo y la línea verde el recorrido de vuelta desde el anillo al

polígono de Cogullada y constará de una distancia total de **10,37 km** (7 km de ida y 3,37 km de vuelta).

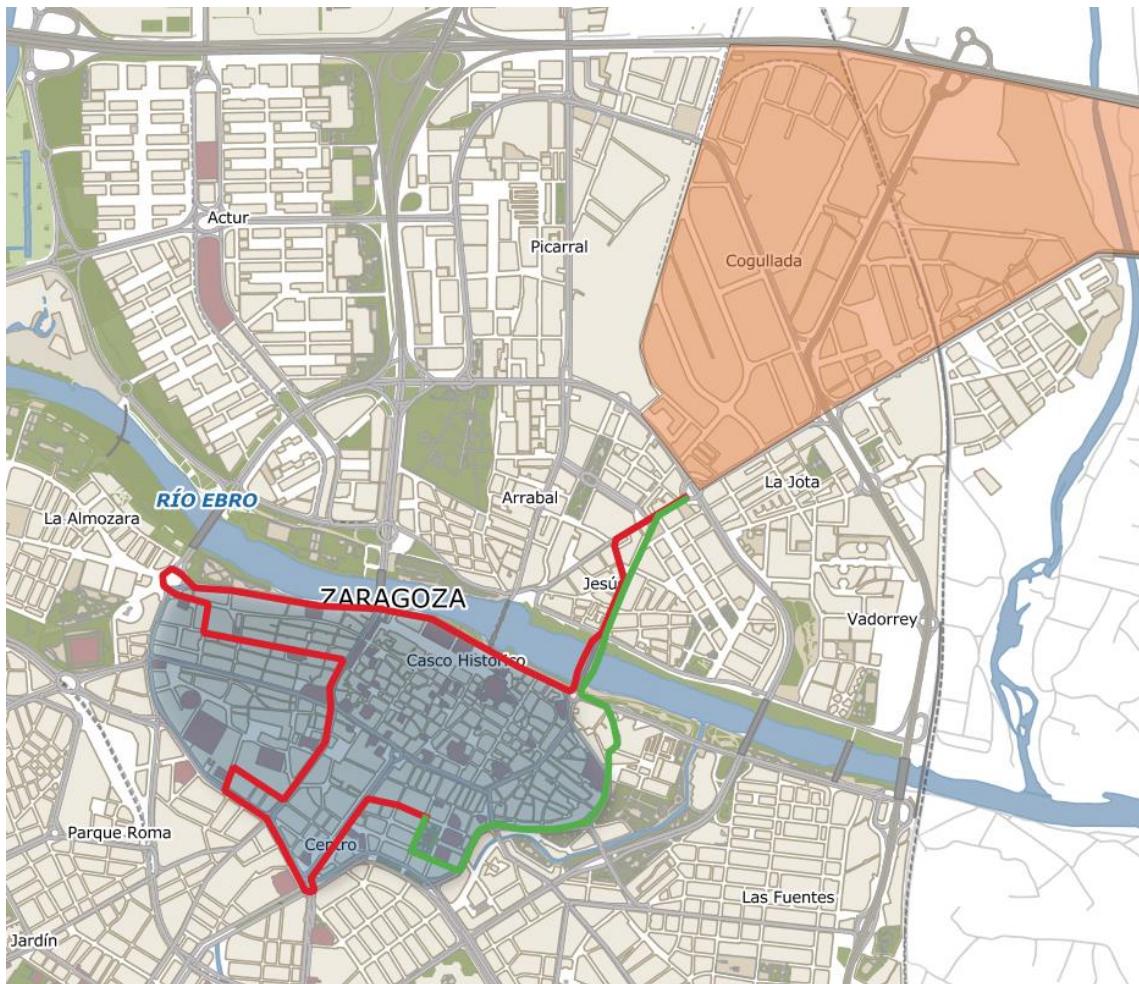


FIGURA 14. Ruta propuesta furgonetas Anillo 1

Fuente: elaboración propia.

Tal y como se observa en la Figura 14, esta ruta, partirá desde el polígono de Cogullada y recorrerá las calles: Avenida de Cataluña, Calle Muel, Avenida Puente del Pilar, Paseo Echegaray y Caballero, Calle Santa Lucía, Calle Santa Inés, Calle San Blás, Avenida César Augusto, Calle José Luis Albareda, Calle doctor Fleming, Paseo María Agustín, Paseo Pamplona, Paseo Independencia y Calle Jerónimo Zurita. Por último, para volver del centro de la ciudad al polígono de Cogullada se recorrerán las calles: Plaza de los sitiados, Calle José Canalejas, Paseo de la Mina, Calle Asalto, Calle Monreal, Puente del Pilar y Avenida de Cataluña.

#### 5.1.2. Rutas anillo 2:

Para el estudio de las rutas en este anillo, dado que presenta unas dimensiones mayores que el caso anterior, se ha decidido oportunamente dividir dicho anillo en dos zonas, una zona situada en el margen superior del río y otra en el margen inferior.

En la zona situada en el margen superior del río, dada su cercanía con el polígono, se ha estudiado la posibilidad del reparto mediante bicicletas eléctricas (además del reparto mediante furgonetas eléctricas). Sin embargo, para la zona situada en el margen inferior

del río solo se ha estudiado solo la posibilidad de reparto mediante furgonetas eléctricas dada su lejanía con el polígono.

A continuación, en la Figura 15 se muestran las dos rutas comentadas anteriormente que serán realizadas por furgonetas eléctricas. Las líneas roja y morada representan el recorrido de ida del polígono a las diferentes zonas estudiadas y las líneas verde y azul representan el recorrido de vuelta de dichas zonas al polígono de Cogullada.

La ruta “Norte”, denominada como tal a aquella que se encuentra sobre el margen superior del río, consta de una distancia total de **8,8 km** (3,8 km de ida y 5 km de vuelta) mientras que la ruta “Sur”, denominada como tal a aquella que se encuentra sobre el margen inferior del río, consta de una distancia total de **12,7 km** (8,3 km de ida y 4,4 km de vuelta).

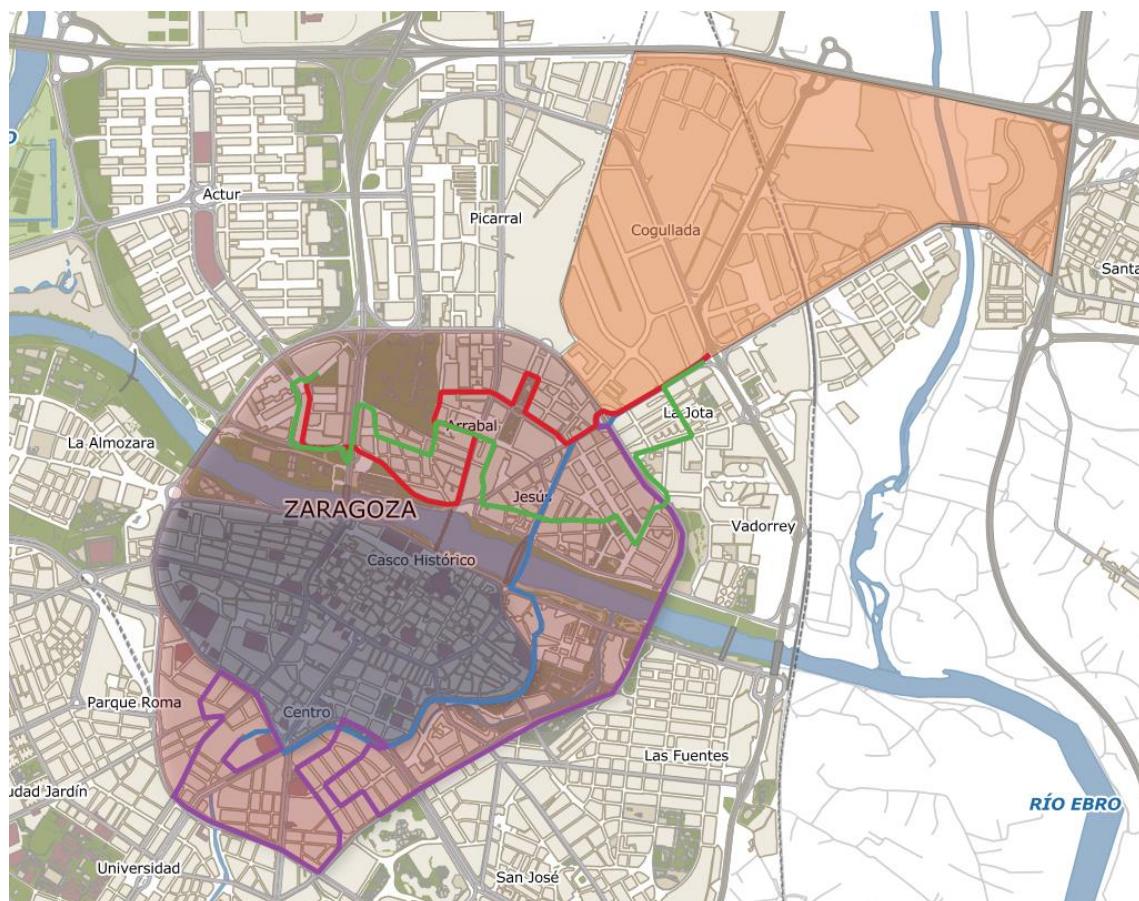


FIGURA 15. Rutas propuestas furgonetas Anillo 2.

Fuente: elaboración propia.

El listado de calles que se recorren en cada una de las rutas se expone a continuación.

- Ruta “Norte”:

Ida: Avenida Cataluña, Calle Bielsa, Calle Caminos del norte, Calle Matil de Sanguesa Castañosa, Calle Peña Oroel, Calle Sixto Celorio, Calle Valle de Zuriza, Avenida San Juan de la Peña, Calle Sobrarbe, Paseo de la Ribera, Calle Arquitecto de la Figuera, Avenida José Atares, Calle María Zambrano.

Vuelta: Calle Gertruis Gómez de Avellaneda, Avenida José Atares, Avenida de los Pirineos, Calle Palencia, Calle Mariano Baselga, Calle Sixto Celorio, Calle Valle de

Zuriza, Calle Matil de Sanguesa Castañosa, Calle Jesús, Camino del Vado, Calle Mainar, Paseo de Longares, Calle Cosuenda, Calle María Pilar de las Heras Dopereiro y Avenida la Jota.

- Ruta “Sur”:

Ida: Avenida Cataluña, Marqués de la Cadena, Camino de las Torres, Calle Santa Joaquina de Vedruna, Calle San Vicente Martir, Calle Pedro María Ric, Calle León XIII, Paseo de la Constitución, Calle San Ignacio de Loyola, Paseo de las Damas, Avenida Tenor Fleta, Avenida Francisco de Goya, Calle Cortes de Aragón, Calle Hernán Cortes, Paseo Teruel, Calle Doctor Horne Alcorta, Paseo María Agustín, Paseo Pamplona, Paseo Gran Vía, Calle Doctor Cerrada.

Vuelta: Calle Doctor Cerrada, Paseo de la Constitución, Paseo de la Mina, Calle Asalto, Calle Monreal, Paseo Echegaray y Caballero, Puente del Pilar y Avenida Puente del Pilar.

Por otro lado, tal y como se ha comentado anteriormente, también se ha estudiado la posibilidad de transportar parte de los pedidos del e-commerce mediante bicicletas en la zona norte del anillo dos. En la Figura 16 se muestra la ruta que será realizada por bicicletas eléctricas.

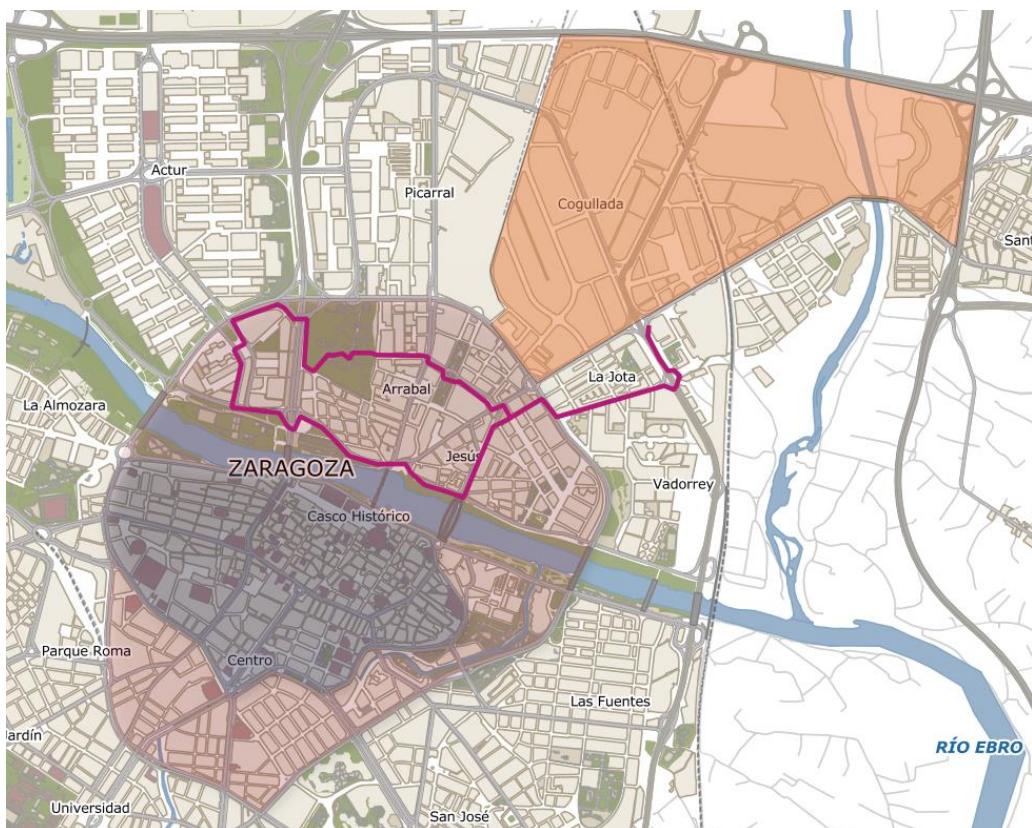


FIGURA 16. Ruta propuesta bicicletas Anillo 2.

Fuente: elaboración propia.

Dicha ruta conta de un total de **7,7 km** de recorrido, por lo tanto, podrá ser realizada por las bicicletas de la flota sin necesidad de recarga intermedia ya que las bicicletas seleccionadas disponen de una autonomía total de 80 km. Por último, mencionar que las calles que se recorren en esta ruta son: Calle Isla de Menorca, Avenida la Jota, Calle

Marqués de la Cadena, Calle José Oto, Paseo de Longares, Avenida Cataluña, Calle Bielsa, Calle Peña Oroel, Parque Tío Jorge, Calle Valle de Broto, Calle María Zambrano, Calle Gertruis Gómez de Avellaneda, Avenida José Atares, Calle Arquitecto de la Figuera, Paseo de la Ribera y Avenida Puente del Pilar.

### 5.1.3. Rutas anillo 3:

Por último, el anillo 3 es el más extenso y el que se encuentra más alejado del centro de la ciudad. Por ello, dado su tamaño, se ha decidido establecer tres posibles rutas para poder abastecer a toda la población y a todos los establecimientos y comercios de este anillo. Es importante destacar que, dado que las distancias son superiores a las de los casos anteriores, se ha decidido que dichas rutas comentadas anteriormente solo sean realizadas por furgonetas eléctricas.

A continuación, en la Figura 17 se muestran las rutas comentadas anteriormente. Las líneas roja, naranja y morada representan el recorrido de ida del polígono a las diferentes zonas del anillo y constan de **11,3 km, 10,7 km y 12,3 km** respectivamente. Por otro lado las líneas verde, azul y marrón representan el recorrido de vuelta de las diferentes zonas del anillo al polígono de Cogullada y constan de **7,1 km, 6,7 km y 7,2 km** respectivamente.

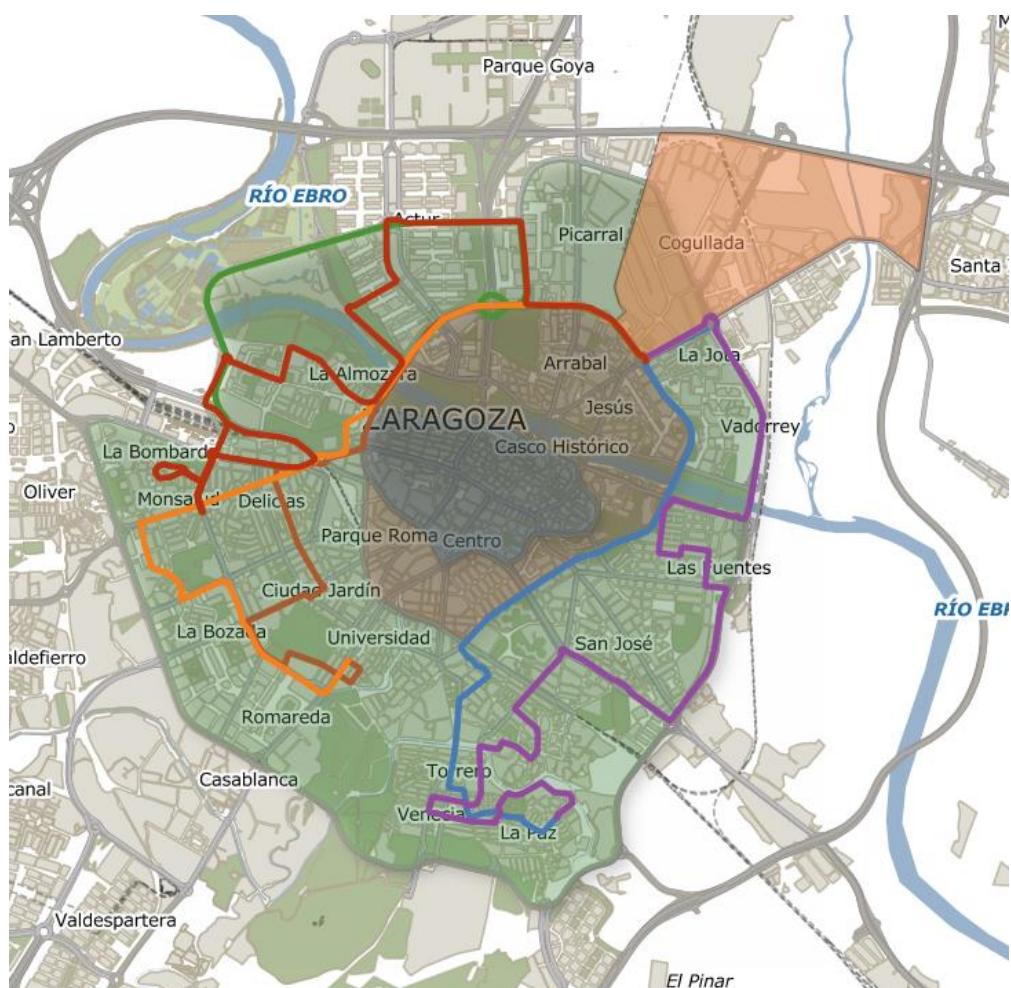


FIGURA 17. Rutas propuestas furgonetas Anillo 3.

Fuente: elaboración propia

## 5.2. Estudio de la flota.

A continuación, una vez conocidas las posibles rutas para el transporte de mercancías, y conocido también el número de pedidos demandados en cada uno de los diferentes anillos, se van a estimar la cantidad de vehículos necesarios para el transporte de mercancías en cada anillo.

Para poder estimar con cierta precisión el número de vehículos necesarios en cada anillo se va a acudir al PMUS donde se establecen los siguientes factores generales a tener en cuenta [43]:

- En cuanto a los horarios de reparto de mercancías, aproximadamente el 57% de las entregas se realizan **por la mañana**, siendo la hora de máxima concentración de entregas entre las 10 y las 12 de la mañana. El resto de las entregas se ejecutan por la tarde ya que los envíos nocturnos solo se realizan a grandes superficies y se utilizan camiones logísticos, aprovechando la disminución del tráfico en dichas horas.
- Los **jueves y los viernes** son los días más críticos en lo que respecta a la distribución urbana de mercancías según el 91% de los transportistas y, por contra, los fines de semana cae la actividad.
- Las entregas directas son más complicadas ya que hay veces que el cliente no se encuentra en el domicilio de envío por lo que se debe de repetir la entrega. En el PMUS se establece una media de **1,5 intentos de entrega** por cada operación de entrega efectiva.
- Los transportistas realizan una media de **25 entregas por turno** utilizando una furgoneta media.

A continuación, conocidos todos estos datos generales, se va a realizar una estimación del número total de vehículos que van a ser necesarios para el transporte de mercancías en cada uno de los anillos.

Tal y como se ha comentado en el apartado anterior, en el anillo 1 y 2 se van a realizar envíos tanto con furgonetas eléctricas como con bicicletas eléctricas. Por ello, en primer lugar resulta interesante conocer el tamaño del pedido ya que una bicicleta no podrá transportar pedidos muy voluminosos o pesados a diferencia de una furgoneta que sí que podrá.

Para poder determinar qué tanto por ciento de los pedidos correspondientes al e-commerce puede transportar una bicicleta, se ha decidido acudir al Instituto Nacional de Estadística (INE). Aquí se ha podido obtener el volumen de negocio en función del tipo de transporte (urgente de documentos y paquetería hasta 20 kg, de cartas y otros objetos hasta 2 kg, de documentos y paquetería hasta 20 kg no urgente...).

En la Tabla 10 se muestran los datos obtenidos del INE [45].

VOLUMEN DE NEGOCIO	Total (en miles de euros)	Coste medio por pedido	Numero de paquetes
Transporte urgente de documentos y paquetería hasta 20 Kg.	2.746.909	50,00 €	54.938.180
Transporte de cartas y otros objetos de correspondencia no urgente hasta 2 Kg	1.619.230	15,00 €	107.948.667
Transporte no urgente de paquetes hasta 20 Kg	912.360	22,00 €	41.470.909
Total			204.357.756

TABLA 10. Resumen número de pedidos en función del volumen de negocio INE [45].

Para el cálculo del número total de pedidos, se ha estimado un coste medio por pedidos en función del peso y de su urgencia (los datos de precios se han obtenido de la compañía de reparto Seur) [46]. Posteriormente, conocido el precio, se ha estimado un número de pedidos promedio en función del tamaño.

Aunque se ha estudiado en el capítulo 4 que las bicicletas pueden llevar carga de más de 20 kg, para este proyecto se ha decidido considerar que el transporte de mercancías (urgentes o no urgentes) de menos de 2 kg será realizado por bicicletas y el resto de pedidos serán realizados por furgonetas ya que son más prácticas para el transporte de mercancías voluminosas.

Por lo tanto, tal y como se observa en la Tabla 10, el número total de pedidos anuales que podrían ser transportados por bicicletas es de 107.948.667 lo que corresponde a 295.749 al día. Este dato hace referencia a toda España, por lo tanto, si se extrapola la información para la población de Zaragoza sale un total de 4.210 pedidos, que, comparándolo con el total de pedidos demandados en los tres anillos mediante comercio electrónico (38.599) representa un total del **10,90%**.

Esto quiere decir que, para los cálculos que se van a realizar a continuación sobre el número de vehículos necesarios, se va a suponer, como una buena aproximación, considerar que el 10,90% de los pedidos e-commerce lo van a realizar bicicletas eléctricas y el resto será realizado por furgonetas.

Es importante destacar que se ha decidido utilizar bicicletas eléctricas y no motocicletas ya que, a pesar de que las motocicletas tienen una autonomía mayor, también resultan más caras y, dado que las rutas a realizar nunca superaran los 10 km se ha considerado suficiente utilizar solo bicicletas. Por otro lado, en cuanto a las furgonetas, se ha considerado mejor opción el disponer de furgonetas grandes en vez de medianas ya que el volumen de carga que permiten transportar las furgonetas grandes es mucho mayor que las medianas, pasando de 25 entregas diarias a 35 y, puesto que interesa realizar el menor número de viajes posibles se ha decidido establecer únicamente furgonetas grandes.

Por otro lado, de acuerdo con diferentes testimonios de repartidores que utilizan bicicletas para el transporte de las mercancías, se ha decidido establecer un total de 9 pedidos por turno [47].

En la Tabla 11 se muestra el número total de vehículos necesarios para el reparto de mercancías de última milla en los diferentes anillos de la ciudad de Zaragoza. Como se puede observar, a los pedidos del eCommerce se les ha aplicado un factor de 1,5 por posibles complicaciones en el envío y, conocido este valor, se ha calculado el número de bicicletas multiplicando este dato por el 10,90% calculado anteriormente. El número de furgonetas se obtiene sumando los pedidos correspondientes a los establecimientos y comercios y los pedidos restantes del eCommerce (es decir, el 89,1%).

<b>Anillo 1</b>	Pedidos eCommerce	2.773
	Pedidos eCommerce con complicaciones en el envío	4160
	Establecimientos	1.472

Tipo de vehículo	Número de pedidos por turno	Número de vehículos necesarios
Bicicletas	9	25
Furgonetas	35	74

<b>Anillo 2</b>	Pedidos eCommerce	7.506
	Pedidos eCommerce con complicaciones en el envío	11.259
	Establecimientos	2.033

Tipo de vehículo	Número de pedidos por turno	Número de vehículos necesarios
Bicicletas	9	68
Furgonetas	35	172

<b>Anillo 3</b>	Pedidos eCommerce	28.319
	Pedidos eCommerce con complicaciones en el envío	42.479
	Establecimientos	5.048

Tipo de vehículo	Número de pedidos por turno	Número de vehículos necesarios
Furgonetas	35	679

TABLA 11. Resumen número de vehículos en cada uno de los diferentes anillos.

### 5.3. Estudio energético.

Una vez conocido el número de vehículos que serán necesarios para el transporte de todos los pedidos en la ciudad de Zaragoza, se puede realizar una estimación de la cantidad de energía que demandarán dichos vehículos.

Para poder realizar esta estimación, en primer lugar resulta necesario conocer el consumo medio de las bicicletas eléctricas y de las furgonetas grandes.

Por un lado, el consumo de la bicicleta seleccionada para este estudio se calcula atendiendo a la batería que presenta, que, en este caso, es de 36 V y 13 Ah. Para calcular los kWh se multiplicarán 36 V por 13 Ah resultando un total de 0,468 kWh. Por último, como se sabe que la batería tarda en cargarse 4 horas se obtiene un total de **1,872 kWh** en cada recarga [48]. Sin embargo, se dejará un cierto margen de seguridad aumentando este consumo a **2 kWh** por cada 80 km (que es la autonomía que presenta este modelo de bicicleta seleccionado).

Por otro lado, los fabricantes de la furgoneta “Fiat e-Ducato” establecen un consumo medio de entre 20-22 kWh dependiendo del modelo de batería seleccionado. En este trabajo se dejará un cierto margen de seguridad y se establecerá un consumo medio de **25 kWh**.

A continuación, conocido el consumo medio y las autonomías de los dos vehículos seleccionados, los kilómetros de cada ruta y el número total de vehículos en la flota, se puede calcular con cierta precisión el consumo energético diario que supone la recarga de dichos vehículos.

Para ello, en primer lugar, se van a establecer **dos turnos de reparto**: uno por la mañana y otro por la tarde. Esto obligará a que los vehículos estén cargados con capacidad suficiente para poder realizar las rutas propuestas dos veces. Además se les ha dotado de cierto margen de seguridad (en el caso de las furgonetas de 50 km y en el caso de las bicicletas de 40 km) por si se alargaran o no encontrasen aparcamientos durante el reparto.

En segundo lugar, teniendo en cuenta la autonomía de los vehículos, se ha calculado el número de días que no haría falta recargar, buscando de esta manera evitar dañar la batería. Por último, teniendo en cuenta el consumo que, en el caso de las furgonetas es de 25 kWh por cada 100 km, lo que se traduce en 50 kWh por cada 200 km de autonomía que presentan y en el caso de las bicicletas que es de 2 kWh por cada 80 km, se obtiene el consumo total diario de toda la flota de vehículos.

En la Tabla 12 se muestra un resumen de los cálculos comentados anteriormente obteniendo un consumo total diario de **10.164 kWh** para toda la flota de vehículos.

Anillo 1										
	Ida (km)	Vuelta (km)	Total km por ruta	Número vehículos	Km totales para los 2 turnos	Autonomía (km)	Días sin recargar	Consumo (kWh)	Consumo total (kWh)	Consumo diario (kWh)
Ruta Bici	7,10	2,35	9,45	25	18,90	80	2,12	2	50	23,63
Ruta Furgoneta	7	3,37	10,37	74	20,74	200	7,23	50	3.700	511,59

Anillo 2										
	Ida (km)	Vuelta (km)	Total km por ruta	Número vehículos	Km totales para los 2 turnos	Autonomía (km)	Días sin recargar	Consumo (kWh)	Consumo total (kWh)	Consumo diario (kWh)
Ruta Bici	4,10	3,60	7,70	68	15,40	80	2,60	2	136	52,36
Ruta Furgoneta Norte	3,80	5,00	8,80	86	17,60	200	8,52	50	4300	504,53
Ruta Furgoneta Sur	8,30	4,40	12,70	86	25,40	200	5,91	50	4300	728,13

Anillo 3										
	Ida (km)	Vuelta (km)	Total km por ruta	Número vehículos	Km totales para los 2 turnos	Autonomía (km)	Días sin recargar	Consumo (kWh)	Consumo total (kWh)	Consumo diario (kWh)
Ruta Furgoneta 1	11,30	7,10	18,40	226	36,80	200	4,08	50	11316,67	2776,36
Ruta Furgoneta 2	10,70	6,70	17,40	226	34,80	200	4,31	50	11316,67	2625,47
Ruta Furgoneta 3	12,30	7,20	19,50	226	39	200	3,85	50	11316,67	2942,33

Consumo total diario	10.164,39	kWh
----------------------	-----------	-----

TABLA 12. Resumen número de vehículos y kilómetros de cada una de las rutas propuestas en cada uno de los diferentes anillos.

## 6. Costes

Una vez conocido el consumo eléctrico diario, resulta interesante conocer datos económicos que permitan hacerse una idea del rango de precios en los que se mueve este proyecto.

Es por ello por lo que este capítulo se va a dividir en diferentes subapartados. En primer lugar, se va a calcular el coste diario que supondría la electricidad para recargar todos los vehículos de la flota y se comparará con el coste diario que supondría el combustible necesario en el caso de que los vehículos en lugar de ser eléctricos fuesen de gasolina.

En segundo lugar, se va a realizar una comparativa entre los precios de las furgonetas grandes de gasolina y las furgonetas eléctricas que se han seleccionado en este trabajo, y se calculará, teniendo en cuenta una vida útil de 20 años, el coste logístico diario que supone el transporte de todos los pedidos demandados en la ciudad de Zaragoza.

Posteriormente, debido a la poca oferta de electrolineras que presenta la ciudad de Zaragoza, se ha considerado importante calcular el coste que supone la instalación de una estas en el polígono de Cogullada. Para ello se ha hecho uso de los datos proporcionados por D. Alberto Blanco, director de operaciones de la empresa “Loalco” y se ha calculado de nuevo cuál sería el coste logístico diario teniendo en cuenta esta inversión. Es importante recalcar que esta inversión resulta un tanto “engañoso” ya que, para el caso de los vehículos de diésel/gasolina no se está calculado cuál sería la inversión de una gasolinera sin embargo, resulta interesante para el estudio conocer los precios actuales de este tipo de instalaciones.

Por último, tal y como se demostrará en los siguientes apartados de este capítulo, las ganancias puramente económicas del proyecto son muy reducidas y es por ello por lo que se ha decidido estudiar también la sensibilidad medioambiental del mismo. Por ello, en el último subcapítulo se evaluará la huella de CO<sub>2</sub> suponiendo vehículos de gasolina y vehículos eléctricos y se observará como, desde el punto de vista medioambiental el proyecto resulta muy rentable.

### 6.1. Cálculo coste electricidad y combustible.

En primer lugar, resulta interesante conocer cuál sería el ahorro económico que supondría utilizar vehículos eléctricos en lugar de vehículos convencionales de gasolina o diésel.

De acuerdo con las rutas que se han establecido en el capítulo anterior, se ha obtenido un total de **31.748 km** diarios. De estos, para hacer la comparativa con vehículos convencionales, 30.228 km serán llevados a cabo por furgonetas y 1.519 km serán realizados por motos en lugar de bicicletas eléctricas.

Se sabe que de media una furgoneta convencional consume aproximadamente 12,5 litros por cada 100 km [49] mientras que el consumo de las motos es sustancialmente inferior llegando estas últimas a no superar los 5 litros por cada 100 km [50]. Por lo tanto, teniendo en cuenta un precio medio de la gasolina 95 en España de 1,484 euros [51], se obtiene un total de **5.706,59 euros**. Es decir, si utilizásemos vehículos convencionales en lugar de eléctricos, el reparto de toda la mercancía de la ciudad de Zaragoza en un solo día supondría un total de casi 6.000 euros.

A continuación, se va a calcular el coste que supondría la recarga de toda la flota de vehículos eléctricos estudiados en los capítulos anteriores. Inicialmente, en el capítulo 5 y en el subapartado 5.3, se realizó un estudio de la cantidad de energía necesaria para la recarga completa de toda la flota obteniéndose un total de 10.164,4 kWh diarios. Por lo tanto, una vez conocido el consumo energético, calcular el coste total de la electricidad sería relativamente sencillo. Sin embargo, el precio de la electricidad se encuentra hoy en día bastante inestable.

En la Figura 20 se muestra la variación del precio de la electricidad en este último año [52].



FIGURA 20. Precio de la electricidad [52].

Fuente: OMIE

Tal y como se puede observar, en estos últimos meses la electricidad ha experimentado un aumento desorbitado pasando de pagar una media de 50 euros/MWh a llegar a pagar 319 euros/MWh el pasado 7 de octubre de 2021.

Además, también resulta interesante destacar que los precios de la electricidad son diferentes dependiendo de la hora. Existen horas punta (de 10 a 14 y de 18 a 22 h) donde el precio de la electricidad es más caro y horas valle (de 00 a 08 h) donde el precio de la electricidad es más barato.

Para este caso de estudio, la idea es recargar los vehículos por la noche ya que, además de que la electricidad es más barata, durante el día sería imposible debido a que los vehículos se encuentran operativos en ese momento.

Por lo tanto, se acude de nuevo al OMIE (Operador del Mercado Ibérico de Energía) y se observar que el precio de la electricidad en horas valle anteriormente rondaba entre los 15 euros/MWh y los 30 euros/MWh. Sin embargo, en estos últimos meses, el precio de la electricidad en horas valle ha estado comprendido entre 160 y 190 euros/MWh.

Poniéndonos en el caso más desfavorable y suponiendo que el precio de la electricidad no vuelva a los valores razonables, se obtiene un coste total de **1.778 euros** al día. Es decir, el ahorro que supondría utilizar vehículos eléctricos en lugar de gasolina es de **3.927 euros** diarios. Sin embargo, estos resultados son un tanto engañosos ya que, las propias compañías eléctricas, como por ejemplo Endesa, prevén que el precio de la luz comience a bajar a partir del segundo trimestre del 2022 [53]. Si esto ocurre y los precios vuelven a sus valores iniciales, el coste total que supondría la recarga de los vehículos sería de **304 euros** y por lo tanto el ahorro sería de **5.401 euros** diarios.

Como se observa, los resultados son muy diferentes debido a la gran inestabilidad en la que se encuentra sumergido el mercado energético hoy en día. Es por ello por lo que, para este estudio, se ha decidido tener presentes ambos supuestos. En la Tabla 15 se muestra un resumen de los resultados comentados anteriormente.

Consumo Gasoil Furgonetas				Consumo Electricidad			
12,5	litros	100	km	10.164,39	kWh		
3.778,55	litros	30.228,36	km		Precio Electricidad		
Consumo Gasoil Motos				0,175	euros/kWh	0,03	euros/kWh
4,4	litros	100	km		Precio al día por electricidad		
66,8668	litros	1.519,70	km	1.778,77	euros	304,93	euros
Precio Gasoil				Ahorro			
1.484	euros/litro			3.927,82	euros	5.401,66	euros
Precio al día por gasolina							
5.706,59	euros						

TABLA 15. Resumen ahorro combustible.

## 6.2. Cálculo coste vehículos.

Una vez conocido el ahorro económico diario que supondría la recarga de los vehículos eléctricos frente al combustible, resulta interesante conocer los precios actuales de ambos vehículos y, de esta manera, poder calcular el coste logístico diario en ambos supuestos.

Por ello en primer lugar se necesita conocer el precio actual de ambos vehículos. En el caso del vehículo eléctrico, tal y como se ha establecido en el capítulo 4 de este documento, el modelo seleccionado ha sido el “Fiat e-Ducato”. Actualmente, este modelo se encuentra disponible en el mercado a un precio de 58.300 euros [54] y, como serán necesarios un total de 925 furgonetas, la inversión inicial a realizar por la compra de todas las furgonetas eléctricas es de **53.936.750 euros**.

A continuación, en el caso de las furgonetas convencionales, se ha decidido escoger el mismo modelo que en el caso anterior pero en su versión gasolina/diésel. El modelo de furgoneta “Fiat Ducato” se encuentra disponible en el mercado por un precio de 33.400 euros [55] y por lo tanto, al ser necesarias 925 furgonetas, la inversión inicial a realizar por la compra de todas las furgonetas convencionales es de **30.895.000 euros**.

Por último, es importante destacar que además de las furgonetas también serán necesarias bicicletas eléctricas, en el caso de utilizar toda la flota de “cero emisiones” o motos en el caso de utilizar toda la flota de vehículos convencionales de gasolina o diésel. En el caso de vehículos “cero emisiones”, el modelo de bicicleta seleccionado para este proyecto (modelo “Ebici Cargo Box”) se encuentra actualmente en el mercado por un precio de 1.890 euros. Como serán necesarias un total de 93 bicicletas, la inversión a realizar de bicicletas eléctricas asciende a 175.770 euros. Por lo tanto, el total que supondría la compra de toda una flota de vehículos eléctricos es de **54.112.520 euros**.

En el caso de vehículos convencionales, existen una gran variedad de modelos diferentes de motos para el reparto de mercancías. En este proyecto se ha decidido seleccionar el modelo de moto “Liberty S 125 Euro 5” por ser clasificado como uno de los modelos más vendidos para el reparto de mercancías [56]. Actualmente este modelo se encuentra en el mercado por un precio de 2.600 euros. Al necesitar 93 motos, la inversión a realizar de las motocicletas convencionales asciende a 241.800 euros y, por lo tanto, el total que

supondría la compra de toda una flota de vehículos convencionales es de **31.136,800 euros**.

Tal y como se puede observar en un primer vistazo, la inversión a realizar en el caso de vehículos eléctricos es sustancialmente mayor que en el caso de vehículos convencionales de gasolina o diésel. Por ello, se ha decidido calcular cuál sería el coste logístico diario en ambos supuestos.

Para realizar este cálculo, en primer lugar, se ha considerado una vida útil de los vehículos de 20 años y no se han considerado los costes asociados al manteamiento y reparación de los vehículos en ninguno de los casos. Teniendo en cuenta los costes derivados del consumo de combustible y de la recarga de los vehículos, se obtienen unos costes logísticos diarios de **9.971,91 euros** en el caso de vehículos convencionales y de **9.191,44 euros** en el caso de los vehículos eléctricos.

A continuación, en la Tabla 16 se muestran resumidos los datos comentados anteriormente. Es importante mencionar que para el cálculo eléctrico se ha tenido en cuenta nuevamente la situación actual del mercado energético. Por ello se han realizado los cálculos de recarga eléctrica con los precios actuales de la electricidad y con los precios habituales.

Se observan que los costes logísticos diarios en el caso de utilizar vehículos de gasolina o diésel son de 9.972 euros, es decir, casi 10.000 euros mientras que en el caso de utilizar vehículos eléctricos los costes son de 9.191 euros, en el caso más desfavorable (es decir, con los costes actuales de la electricidad) y de 7.718 euros en el caso más favorable (es decir, con los costes habituales de la electricidad).

Coste vehículos gasoil		Coste vehículos electricos	
33.400,00 €	Furgoneta Fiat Ducato	58.310,00 €	Furgoneta E-Ducato
2.600,00 €	Liberty S 125 Euro 5	1.890,00 €	Ebici Cargo Box
30.895.000,00 €	Inversión total Furgonetas	53.936.750,00 €	Inversión total Furgonetas
241.800,00 €	Inversión total Motos	175.770,00 €	Inversión total Bicicletas
31.136.800,00 €	TOTAL COSTE VEHÍCULOS GASOLINA	54.112.520,00 €	TOTAL COSTE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS
Precio al día por gasolina		Precio al día por electricidad	
5.706,59 €	Diarios	1.778,77 €	Diarios
Coste logístico diario vehículos convencionales		Coste logístico diario vehículos eléctricos	
9.971,91 €	Diarios	9.191,44 €	Diarios
			7.717,60 €

TABLA 16. Resumen costes logísticos diarios.

### 6.3. Cálculo coste instalación electrolinera.

Debido a la poca oferta de electrolineras que hay actualmente en Zaragoza y dada la gran cantidad de vehículos que se requieren para realizar el reparto de todos los pedidos de la ciudad, se ha decidido estudiar cuánto costaría la instalación eléctrica de una electrolinera.

Para ello, se ha acudido a Alberto Blanco, director de la empresa Gesprolog y director de operaciones de la empresa Loalco, quien establece que el coste total de la instalación completa de un cargador es de 5.000 euros.

Para este caso de estudio, al disponer de 925 furgonetas eléctricas y de 93 bicicletas será suficiente con un total de 940 cargadores ya que, aunque las furgonetas sí que tardaran unas 6 horas en terminar la recarga completa, las bicicletas se pueden cargar en tan solo

1 hora por lo tanto con un total de 940 cargadores sería suficiente. Este número de cargadores supondría una inversión total de **4.700.000 euros**.

En la Tabla 17 se encuentran los costes logísticos diarios teniendo en cuenta la inversión de la electrolinera. Tal y como se puede observar, los costes logísticos diarios de los vehículos convencionales son los mismos que los calculados en el apartado anterior (9.971 euros) mientras que los costes logísticos derivados de los vehículos eléctricos aumentan considerablemente pasando de 9.191 euros a 9.835 euros en el caso más desfavorable y de 7.718 euros a 8.361 euros en el caso más favorable.

Coste vehículos gasoil		Coste vehículos electricos	
33.400,00 €	Furgoneta Fiat Ducato	58.310,00 €	Furgoneta E-Ducato
2.600,00 €	Liberty S 125 Euro 5	1.890,00 €	Ebici Cargo Box
30.895.000,00 €	Inversión total Furgonetas	53.936.750,00 €	Inversión total Furgonetas
241.800,00 €	Inversión total Motos	175.770,00 €	Inversión total Bicicletas
31.136.800,00 €	TOTAL COSTE VEHÍCULOS GASOLINA	54.112.520,00 €	TOTAL COSTE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS
Precio al día por gasolina		Coste instalacion electrolinera	
5.706,59 €	Diarios	4.700.000,00 €	Coste instalación total electrolinera
Coste logístico diario vehículos convencionales		Precio al día por electricidad	
9.971,91 €	Diarios	1.778,77 €	Diarios
		304,93 €	Diarios
Coste logístico diario vehículos convencionales		Coste logístico diario vehículos convencionales	
		9.835,28 €	Diarios
		8.361,44 €	Diarios

TABLA 17. Resumen costes logísticos diarios teniendo en cuenta inversión electrolinera.

Se puede comprobar que aun así, es decir, teniendo en cuenta el coste de la instalación de la electrolinera, los costes logísticos resultan más baratos en el caso de utilizar vehículos eléctricos que en el caso de utilizar una flota de vehículos convencionales de gasolina o diésel.

Sin embargo, el aspecto económico no es el único a tener en cuenta. Es por ello por lo que en el apartado siguiente se va a calcular cuál es la huella de CO2 de cada uno de los vehículos evaluando de esta manera la sostenibilidad medioambiental del proyecto.

#### 6.4. Cálculo indicador de sostenibilidad.

Por último, resulta interesante calcular el indicador de sostenibilidad para los dos escenarios estudiados. Este indicador evaluará las emisiones de gases contaminantes que se emiten diariamente en el transporte de mercancías. Para su cálculo se tiene en cuenta por un lado los km recorridos en un día por los vehículos de reparto y por otro lado los kg de CO2 emitidos dependiendo del vehículo que se trate.

En el caso de vehículos convencionales de diésel o gasolina, se estima una huella de carbono emitida de 0,18 kgCO2/km [57]. Sin embargo, para los vehículos eléctricos, aunque se tiende a pesar que será cero, esto no es del todo cierto ya que en la actualidad se nutren de energía eléctrica la cual no es en su totalidad libre de carbono debido al mix eléctrico. Según la Agencia Europea del Medioambiente, la huella de carbono a partir del mix eléctrico europeo en 2015 es de 0,06 kgCO2/km [58].

A continuación, teniendo en cuenta que se recorren un total de 31.748 km, el indicador de sostenibilidad en el caso de vehículos convencionales será de **5.714 kgCO2** diarios mientras que en el caso de usar vehículos eléctricos el indicador de sostenibilidad se reduce a **1.904 kgCO2**.

Por lo tanto, se concluye que, a pesar de que los costes económicos son muy parecidos, en cuanto a la sostenibilidad del proyecto resulta mucho más rentable, desde el punto de vista medioambiental, el uso de vehículos eléctricos en lugar de vehículos de gasolina o diésel.

A modo de resumen, en la Figura 21 se muestran unos diagramas de barras donde se puede observar, de forma más ilustrativa, los resultados comentados anteriormente.

Por último, en el capítulo siguiente, se va a estudiar la producción fotovoltaica que se conseguiría en el polígono de Cogullada con objeto de conseguir cumplir con los objetivos de la Agenda 2030 y buscando además aumentar el atractivo de Cogullada convirtiéndolo en un polígono sostenible y autosuficiente.

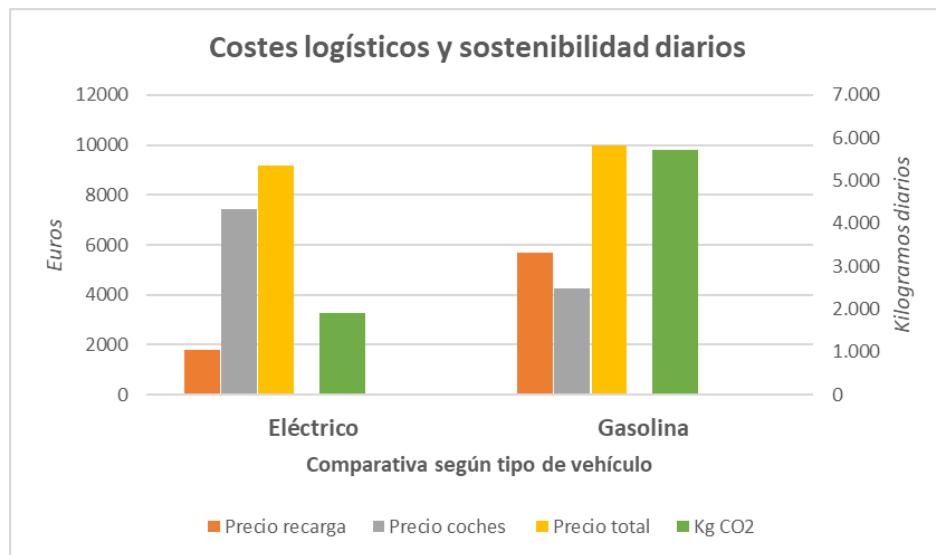


FIGURA 21. Costes logísticos y sostenibilidad comparando el vehículo eléctrico y el de gasolina.

## 7. Producción fotovoltaica en Cogullada

La futura Ley de Cambio Climático y Transición Energética que prepara el Gobierno establece dos objetivos fundamentales para el año 2050. Por un lado establece que el sistema eléctrico español se basará exclusivamente de fuentes renovables y, por otro lado, se persigue conseguir una reducción de las emisiones de gases del efecto invernadero de al menos el 90% [59]. Esta ley se fija en dos referencias temporales para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero e introducir las energías renovables. Estas referencias temporales son el año 2030 y el 2050.

Para ello, en el 2030 los objetivos que establece la ley es que se reduzcan en un 20% los gases de efecto invernadero respecto del 1990 y que el sistema cuente con un 70% de generación a partir de energías de origen renovable mejorando de esta manera la eficiencia energética. De la misma manera, los objetivos que establece la ley para el 2050 son reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 90% respecto a los niveles de 1990 y un sistema eléctrico basado exclusivamente en fuentes renovables.

Por lo tanto, de acuerdo con estos objetivos, se ha considerado oportuno estudiar la posibilidad de implantar en una o varias parcelas del polígono de Cogullada paneles solares. De esta manera, además de cumplir con los objetivos que establece la Ley de Cambio Climático y Transición Energética, se conseguirá aumentar el atractivo de Cogullada convirtiéndolo en un polígono sostenible y autosuficiente.

### 7.1. Cálculo energía producida.

De acuerdo con los cálculos realizados en el capítulo 5 de este documento, se puede observar que va a ser necesario un total de **10.164,39 kWh** al día para recargar todos los vehículos de la flota. Por ello, a partir de este dato, se calcularán el número de paneles solares que serán necesarios para llegar a esa producción diaria.

En primer lugar, es necesario establecer el modelo de panel solar que será utilizado. En este caso particular, se ha decidido utilizar el modelo Longi “Hi-Mo 5, LR5-72HBD” de 540W [60]. En la Figura 18 se muestran las características de dicho panel solar.

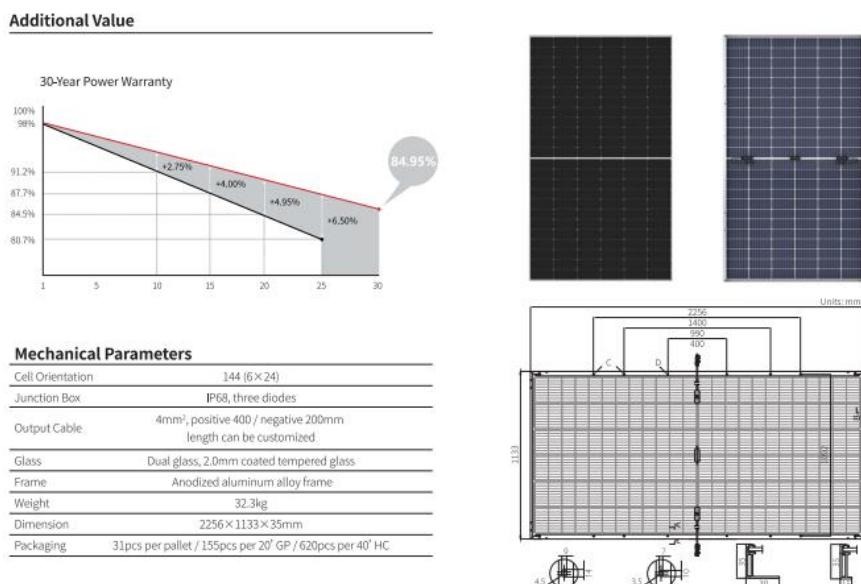


FIGURA 18. Características modelo Longi “Hi-Mo 5, LR5-72HBD” [60].

En el Anexo II de este documento se encuentran los cuatro modelos seleccionados y los cálculos llevados a cabo para elegir finalmente el modelo Longi “Hi-Mo 5, LR5-72HBD” como el óptimo.

A continuación, una vez conocido el modelo de panel a utilizar, se han calculado el número de paneles que son necesarios. Tal y como se establece en el Anexo II se observa que va a ser necesario un total de 3 parcelas para poder llegar a la producción exigida para la recarga de todos los vehículos. Por lo tanto, teniendo en cuenta las dimensiones de esas tres parcelas y las dimensiones del modelo seleccionado, se podrá determinar la potencia pico instalada. En la Tabla 13 se muestra la potencia pico instalada en cada una de las parcelas seleccionadas. Es importante destacar que todos los cálculos se encuentran detallados en profundidad en el Anexo II.

	NÚMERO DE PANELES	POTENCIA (kW)
PARCELA 1	1540	839,38
PARCELA 2	1464	798,1
PARCELA 3	1598	870,77

TABLA 13. Resumen número de paneles a instalar y potencia pico.

Posteriormente, conocida la potencia pico de cada instalación, se acude al programa PVGIS [61]. Este programa europeo y de uso libre permite obtener datos fiables sobre el recurso solar en las parcelas mencionadas anteriormente y realizar cálculos de producción energética. La ventana de la aplicación con la que se va a trabajar es la que se muestra en la Figura 19.



FIGURA 19. Ventana programa PVGIS parcela 1 [61].

Tal y como se puede observar, a partir de una base de datos de radiación solar escogida, una tecnología fotovoltaica y una potencia pico de la instalación, este programa ofrece la posibilidad de obtener datos de producción energética.

Por ello, en este caso particular, de las diferentes bases de datos que ofrece el programa (obtenidos de diferentes satélites a lo largo de varios años), se ha decidido escoger la base de datos PVGIS-SARAH ya que es la que se recomienda para esta zona geográfica. Por otro lado, en cuanto a la tecnología, se han escogido paneles de silicio monocristalino ya que son los que ofrecen una mejor relación de productividad/precio.

Seguidamente, la potencia pico de la instalación es la que aparece en la Tabla 13 para cada una de las diferentes parcelas. En cuanto a las pérdidas, estas se dejan por defecto en un 14% ya que se considera un valor estándar y en lo que respecta a los datos de inclinación, se deja que el programa calcule cuál es la inclinación óptima (que en este caso se obtiene un valor de 38°). Por último, resulta interesante destacar que los paneles han sido orientados hacia el sur (Azimut=0°) ya que, en esta dirección, la instalación recibirá la máxima irradiación solar posible durante el día y por lo tanto el rendimiento del sistema será óptimo.

Una vez introducidos todos estos datos en el programa, se obtiene la producción energética por meses para cada una de las parcelas. Los gráficos de donde han sido obtenidos dichos valores se encuentran en el Anexo II de este documento. En la Tabla 14 se muestra un resumen de dichos valores mencionados anteriormente.

	PARCELA 1 (kWh)	PARCELA 2 (kWh)	PARCELA 3 (kWh)	TOTAL (kWh)	NÚMERO DE DÍAS AL MES	RECARGA NECESARIA (kWh)
Enero	82.557,18	78.264,78	85.644,54	246.466,50	31	315.096,09
Febrero	100.543,36	95.574,14	104.303,34	300.420,84	28	284.602,92
Marzo	121.788,93	115.781,75	126.343,42	363.914,10	31	315.096,09
Abril	123.310,07	117.239,74	127.921,45	368.471,26	30	304.931,70
Mayo	130.091,43	123.697,20	134.956,42	388.745,05	31	315.096,09
Junio	128.966,40	122.631,91	133.789,31	385.387,62	30	304.931,70
Julio	141.331,14	134.386,77	146.616,46	422.334,37	31	315.096,09
Agosto	140.368,00	133.461,00	145.617,30	419.446,30	31	315.096,09
Septiembre	123.963,50	117.852,96	128.599,32	370.415,78	30	304.931,70
Octubre	109.093,45	103.705,55	113.173,18	325.972,18	31	315.096,09
Noviembre	84.194,00	79.977,40	87.342,57	251.513,97	30	304.931,70
Diciembre	76.750,01	72.856,51	79.620,20	229.226,72	31	315.096,09
<b>TOTAL (kWh)</b>	<b>1.362.957,47</b>	<b>1.295.429,71</b>	<b>1.413.927,51</b>	<b>4.072.314,69</b>	<b>365</b>	<b>3.710.002,35</b>

TABLA 14. Resumen producción energética por parcela y el total.

Tal y como se observa, mediante la instalación de los paneles solares que han sido comentados anteriormente en las tres parcelas seleccionadas, se obtiene una producción anual de **4.072 MWh**. Sabiendo que la energía necesaria para recargar toda la flota es de 10.164 kWh diarios, se puede calcular cuánto será la energía mensual necesaria (que son los datos que aparecen en la última columna).

Por lo tanto se comprueba que, la energía anual total producida, que es de 4.072 MWh, supera la energía anual total necesaria para la recarga de todos los vehículos, que es de 3.710 MWh. Dicho de otra manera, gracias a la implantación de **4.602** paneles distribuidos en tres parcelas del polígono se consigue producir toda la energía necesaria para la recarga de los vehículos de la flota.

La idea inicial de la que se partía era de realizar las entregas en dos turnos, uno de mañana y otro de tarde, y poder recargar los vehículos en periodo nocturno, es decir, desde que acaba el segundo turno por la tarde hasta el inicio del turno de por la mañana. Sin embargo, esto no va a ser posible ya que el empleo de estas fuentes renovables tiene el problema de que el momento de máxima producción se da al medio día y no produce nada en los períodos nocturnos.

Por lo tanto se plantean dos alternativas:

- Por un lado se podría proponer el uso de baterías de litio para almacenar la energía. Sin embargo dichas baterías se encuentran todavía en fases de desarrollo ya que hoy en día resultan una alternativa excesivamente cara.
- Por otro lado, se podría proponer la venta de la energía que se genera a la red durante el día y por la noche, con el objetivo de recargar los vehículos, comprar la energía a la red.

Por último, resulta importante destacar que existen tres meses donde la energía total producida es inferior a la energía total necesaria. Estos tres meses son enero, noviembre y diciembre y se debe a que son los meses en los que menor radiación solar hay y por lo tanto menor es la producción. Es por ello por lo que en dichos meses se deberá comprar a la red una cantidad de energía mayor que la que se producirá.

## 8. Conclusiones y líneas futuras

La logística urbana es esencial para el buen funcionamiento de las ciudades. Por ello, la distribución urbana de mercancías (DUM) se encuentra actualmente en una fase de crecimiento y transformación motivada por dos aspectos fundamentales: el crecimiento del comercio electrónico y el aumento de los trayectos de última milla. Es por esto por lo que el objeto de este Trabajo Fin de Máster ha sido el de estudiar la posible adaptación del polígono de Cogullada como un centro DUM.

Para conseguir esto en primer lugar se ha realizado un estudio detallado de la población, evaluando el número de pedidos diarios que demandan los ciudadanos y se ha realizado también un estudio de los establecimientos comerciales para determinar el número de pedidos totales que demandarían tanto los consumidores independientes como los establecimientos. Gracias a este estudio se ha observado que, al día, en la ciudad de Zaragoza, se demandan un total de 47.152 pedidos.

Posteriormente, con objeto de cumplir con las restricciones que impone el PMUS de cara a los próximos años, se ha realizado una investigación de los diferentes vehículos eléctricos que hay hoy en día en el mercado y se ha decidido seleccionar para el estudio furgonetas eléctricas grandes y bicicletas eléctricas. Con estos vehículos seleccionados se han calculado diferentes rutas para los diferentes anillos que suponen un total de menos de 32.000 km diarios.

A continuación, se ha decidido estudiar el ahorro económico y sostenible que supone utilizar estos vehículos frente a los convencionales y se ha observado que económicamente los resultados obtenidos son muy parecidos pero sin embargo, medioambientalmente, las emisiones de CO<sub>2</sub> emitidas por los vehículos eléctricos son mucho menores que las emitidas por los vehículos convencionales, 1.904 kgCO<sub>2</sub> frente a 5.714 kgCO<sub>2</sub> respectivamente.

Para acabar, con objeto de aumentar el atractivo del polígono y buscando cumplir con los objetivos de la Agenda 2030, se ha decidido estudiar la producción fotovoltaica que podría conseguirse en el polígono. Para ello, se ha observado que un total de 3 parcelas serían suficientes para conseguir el total de energía necesaria para la recarga de los vehículos ya que se consigue producir un total de 4.072 MWh y solo serán necesarios 3.710 MWh anuales.

Este Trabajo Fin de Máster se ha centrado en estudiar la posible adaptación del polígono de Cogullada en un centro DUM resultando favorable dicha adaptación. Como líneas futuras de estudio se podría realizar una optimización de las rutas teniendo en cuenta diferentes factores como la congestión de tráfico y mediante softwares como “Alerce” organizar los pedidos día a día. También se podría evaluar la posibilidad de utilizar lockers y estudiar como incluirlos en la ciudad. Por último, en este estudio se han utilizado vehículos eléctricos pero de cara a trabajos futuros podría estudiarse la posibilidad de utilizar vehículos de hidrógeno y actualizar los costes de la flota de vehículos y de la electricidad que, como ya se ha comentado en el trabajo, se encuentra actualmente muy inestable.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] V. Segura et al., “Logística de última milla retos y soluciones en España,” Deloitte, 2020, [En línea]. Disponible en: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/es/Documents/operaciones/Deloitte-es-operaciones-last-mile.pdf>
- [2] Ayuntamiento de Zaragoza, “Informe propuestas – distribución urbana mercancías - 1-,” p. 228, 2018, [En línea]. Disponible en: <https://www.zaragoza.es/contenidos/movilidad/PMUS/PMUS-mercancias.pdf>
- [3] Alerce [en línea] [consulta: 21/06/2021]. Disponible en: <https://www.alerce-group.com/es/nuestras-noticias/somos-noticia/la-ultima-milla-que-es-y-por-que-es-importante-en-logistica>.
- [4] Laura Mañé. (2020, 11 de junio). Qué es la última milla: así funcionan las soluciones logísticas sin las que el eCommerce no tendría sentido [en línea] [consulta: 21/06/2021]. Disponible en: <https://marketing4ecommerce.net/que-es-la-ultima-milla-logistica-espana/>.
- [5] Ayuntamiento de Zaragoza [en línea] [consulta: 25/06/2021]. Disponible en: <https://www.zaragoza.es/sede/servicio/noticia/227826>.
- [6] Ayuntamiento de Zaragoza | Trasparencia [en línea] [consulta: 25/06/2021]. “PMUS Zaragoza Memoria Final”. Disponible en: [https://www.zaragoza.es/contenidos/movilidad/PMUS/abril2019-a/PMUS-ZGZ\\_PROPUESTAS\\_MEMORIA-FINAL\\_A3.pdf](https://www.zaragoza.es/contenidos/movilidad/PMUS/abril2019-a/PMUS-ZGZ_PROPUESTAS_MEMORIA-FINAL_A3.pdf)
- [7] Ayuntamiento de Zaragoza | Trasparencia [en línea] [consulta: 25/06/2021]. “PMUS Propuesta movilidad privada”. Disponible en: [https://www.zaragoza.es/contenidos/movilidad/PMUS/abril2019-a/PMUS-ZGZ\\_PROPUESTAS\\_10\\_MOVILIDAD-PRIVADA.pdf](https://www.zaragoza.es/contenidos/movilidad/PMUS/abril2019-a/PMUS-ZGZ_PROPUESTAS_10_MOVILIDAD-PRIVADA.pdf)
- [8] C.P.B. [en línea] [consulta: 30/06/2021]. “El alcalde anuncia restricciones de tráfico para vehículos contaminantes a partir de 2027”. HERALDO DE ARAGÓN. Disponible en: <https://www.heraldo.es/noticias/aragon/zaragoza/2018/11/29/el-alcalde-anuncia-restricciones-trafico-para-vehiculos-contaminantes-partir-2027-1280308-2261126.html?autoref=true>.
- [9] Ayuntamiento de Zaragoza [en línea] [consulta: 5/07/2021]. “Los polígonos industriales en Zaragoza y su entorno metropolitano”. Disponible en: [http://bases.cortesaragon.es/bases/NdocumenVIII.nsf/69b541b37a1f7fb0c12576d20031f70e/61cbf4e4ecbc1e15c1257a91003f982e/\\$FILE/zaragoza\\_poligonos.pdf](http://bases.cortesaragon.es/bases/NdocumenVIII.nsf/69b541b37a1f7fb0c12576d20031f70e/61cbf4e4ecbc1e15c1257a91003f982e/$FILE/zaragoza_poligonos.pdf).
- [10] Youtube [en línea] [consulta: 22/07/2021]. “Jornada de regeneración funcional, energética y digital de Cogullada”. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=cLxSHVJfDvI>
- [11] Carlota Gomar. [en línea] [consulta: 15/07/2021]. “El polígono de Cogullada precisa de una reforma de 50 millones de inversión”. PERIODICO DE ARAGÓN. Disponible en: <https://www.elperiodicodearagon.com/zaragoza/2021/05/25/poligono-cogullada-precisa-reforma-50-52255567.html>.

- [12] CNMC [en línea] [consulta: 20/07/2021]. Disponible en: <https://www.cnmc.es/prensa/ecommerce-2T-20210108>.
- [13] Cifras de Zaragoza [en línea] [consulta: 21/07/2021]. “Datos demográficos del padrón municipal de habitantes”. Disponible en: <https://www.zaragoza.es/cont/paginas/estadistica/pdf/Cifras-Zaragoza-2020.pdf>.
- [14] Elogia. [en línea] [consulta: 30/07/2021]. “Estudio eCommerce 2020”. Disponible en: <https://iabspain.es/estudio/estudio-anual-de-e-commerce-2020/>.
- [15] Ayuntamiento de Zaragoza. [en línea] [consulta: 2/08/2021]. “Plan Local de Equipamientos Comerciales de Zaragoza”. Disponible en: [https://www.zaragoza.es/contenidos/comercio/Plan\\_local\\_equipamiento\\_comercial.pdf](https://www.zaragoza.es/contenidos/comercio/Plan_local_equipamiento_comercial.pdf)
- [16] IDAE. [en línea] [consulta: 5/08/2021]. “Transporte”. Disponible en: <https://www.idae.es/tecnologias/eficiencia-energetica/transporte>.
- [17] Marcelino Madrigal. [en línea] [consulta: 8/08/2021]. “Electromovilidad: transporte más limpio, seguro y eficiente”. Disponible en: <https://blogs.iadb.org/energia/es/electromovilidad-transporte-mas-limpio-seguro-y-eficiente/>
- [18] Rubén Fidalgo. [en línea] [consulta: 10/08/2021]. “De dónde proviene la electricidad de los coches eléctricos”. Disponible en: <https://www.autocasion.com/actualidad/reportajes/de-donde-proviene-la-electricidad-de-los-coches-electricos>
- [19] Gonzalo García. [en línea] [consulta: 15/08/2021]. “Las bicicletas eléctricas de carga son un 60% más rápidas que las furgonetas de reparto”. Disponible en: <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/bicicletas-electrica/bicicletas-electricas-carga-mas-rapidas-furgonetas-reparto/20210816143706048096.html>
- [20] “Las nuevas tecnologías revolucionan los procesos logísticos”. [en línea] [consulta: 15/08/2021] Disponible en: <https://www.cadenadesuministro.es/noticias/las-nuevas-tecnologias-revolucionan-los-procesos-logisticos-1a-parte/>.
- [21] Cadena de Suministro. [en línea] [consulta: 21/08/2021]. “DHL Express prueba el uso de bicicletas para el reparto urgente de paquetes y documentos”. Disponible en: <https://www.cadenadesuministro.es/noticias/dhl-express-prueba-el-uso-de-bicicletas-para-el-reparto-urgente-de-paquetes-y-documentos/>
- [22] “DHL realiza entregas en el centro de Madrid mediante bicicleta eléctrica”. [en línea] [consulta: 22/08/2021]. Disponible en: <https://www.alimarket.es/logistica/noticia/222656/dhl-realiza-entregas-en-el-centro-de-madrid-mediante-bicicleta-electrica>
- [23] DACHSER. [en línea] [consulta: 23/08/2021]. “Dachser entrega mercancías en el centro de Praga con bicicletas eléctricas”. Disponible en: <https://www.dachser.es/es/mediaroom/DACHSER-entrega-mercancias-en-el-centro-de-Praga-con-bicicletas-electricas-9007?bookmarked=false>

[24] Iberobike. [en línea] [consulta: 26/08/2021]. “El reparto de última milla en bicicleta de carga- Cargo Bike Yokler”. Disponible en: <https://www.iberobike.com/el-reparto-de-ultima-milla-en-bicicleta-de-carga-cargo-bike-yokler/>

[25] Yokler J [en línea] [consulta: 26/08/2021]. Disponible en: <https://happycargobike.com/producto/yokler-j/>.

[26] Ebici [en línea] [consulta: 28/08/2021]. Ebici Cargo Box. Disponible en: [https://www.ebicishop.eu/es/ebici-cargo-box-7v-tourney\\_p3238669.htm](https://www.ebicishop.eu/es/ebici-cargo-box-7v-tourney_p3238669.htm)

[27] SolarMat [en línea] [consulta: 30/08/2021]. Bicicleta eléctrica Ebici Cargo Box. Disponible en: <https://solarmat.es/es/bicicletas-electricas/bicicleta-electrica-ebici-cargo-box.html>

[28] Statista [en línea] [consulta: 1/09/2021]. “Evolución anual del número de motos eléctricas matriculadas en España entre 2012 y 2020”. Disponible en: <https://es.statista.com/estadisticas/1004549/numero-de-motos-electricas-matriculados-espana/>

[29] Scoomart [en línea] [consulta: 1/09/2021]. Motos eléctricas de reparto. Disponible en: <https://scoomart.com/scooter-electrica-reparto-xpress/>

[30] Robo S Delivery [en línea] [consulta: 1/09/2021]. Robo S Delivery la nueva moto para reparto a domicilio. Disponible en: <https://www.gran-scooter.com/blog/robo-s-delivery-la-nueva-moto-para-reparto-a-domicilio/>

[31] Silence S02 [en línea] [consulta: 1/09/2021]. Disponible en: <https://www.silence.eco/s02-la-revolucion-electrica/#caracteristicas>

[32] Movertis [en línea] [consulta: 4/09/2021]. “Furgonetas eléctricas, ¿le compensa a tu empresa su uso?” Disponible en: <https://www.movertis.com/blog/furgonetas-electricas-le-compensa-a-tu-empresa-su-uso/>

[33] Coches.com | Noticias [en línea] [consulta: 06/09/2021]. “Noticias coches eléctricos”. Disponible en: <https://noticias.coches.com/noticias-motor/citroen-e-berlingo-multispace-el-electrico/242663>

[34] Coches.com | Noticias [en línea] [consulta: 20/10/2021]. “Vehículos comerciales eléctricos 2021: Guía de compra”. Disponible en: <https://noticias.coches.com/informes/guia-de-compra-vehiculos-comerciales-electricos/242885>

[35] Híbridos y eléctricos [en línea] [consulta: 08/09/2021]. “La Fiat E-Ducato eléctrica ya está a la venta con 41 versiones distintas”. Disponible en: <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/mercado/precio-fiat-educato-electrica-espana/20210301181908042936.html>

[36] Movilidad eléctrica [en línea] [consulta: 8/09/2021]. “El e-Crafter, la furgoneta eléctrica de Volkswagen, ya está a la venta en España”. Disponible en: <https://movilidadelectrica.com/volkswagen-e-crafter-ya-a-la-venta/>

[37] Maxus [en línea] [consulta: 8/09/2021]. Modelo Maxus EV80. Disponible en: <https://www.maxus-motor.es/furgoneta-electrica-maxus-ev80/>

- [38] Heraldo de Aragón [en línea] [consulta: 10/09/2021]. “Mapa de recarga del coche eléctrico en Zaragoza”. Disponible en: <https://www.heraldo.es/noticias/aragon/zaragoza/2020/02/18/mapa-recarga-coche-electrico-zaragoza-1359552.html?autoref=true>
- [39] Electromaps [en línea] [consulta: 12/09/2021]. Mapa puntos de recarga ciudad de Zaragoza. Disponible en: <https://www.electromaps.com/mapa>
- [40] Ayuntamiento de Zaragoza [en línea] [consulta: 14/09/2021]. Listado bares y restaurantes Zaragoza. Disponible en: <https://www.aragon.es/documents/20127/89982401/CAFETERIAS+Y+RESTAURANTES.pdf/bd43a7bd-8190-d77b-6816-544c25e15dd7?t=1623217516317>
- [41] Datos abiertos ayuntamiento de Zaragoza [en línea] [consulta: 14/09/2021]. Mapa restaurantes y bares Zaragoza. Disponible en: <http://zaragoza-sedelectronica.github.io/rest/ejemplos/restaurantes.html>
- [42] Ayuntamiento de Zaragoza [en línea] [consulta: 14/09/2021]. PMUS propuesta movilidad ciclista. Disponible en: [https://www.zaragoza.es/contenidos/movilidad/PMUS/abril2019-a/PMUS-ZGZ\\_PROPUESTAS\\_6\\_MOVILIDAD-CICLISTA.pdf](https://www.zaragoza.es/contenidos/movilidad/PMUS/abril2019-a/PMUS-ZGZ_PROPUESTAS_6_MOVILIDAD-CICLISTA.pdf)
- [43] Ayuntamiento de Zaragoza [en línea] [consulta: 14/09/2021]. PMUS-ZGZ. Informe propuestas-Distribución Urbana Mercancías. Disponible en: [https://www.zaragoza.es/contenidos/movilidad/PMUS/abril2019-a/PMUS-ZGZ\\_PROPUESTAS\\_7\\_DISTR-URB-MERC.pdf](https://www.zaragoza.es/contenidos/movilidad/PMUS/abril2019-a/PMUS-ZGZ_PROPUESTAS_7_DISTR-URB-MERC.pdf)
- [44] Datos abiertos Ayuntamiento de Zaragoza [en línea] [consulta: 15/09/2021]. Disponible en: <https://www.zaragoza.es/sede/portal/movilidad/transporte/bicicleta>
- [45] Instituto Nacional de Estadística [en línea] [consulta: 20/09/2021]. Disponible en: <https://www.ine.es/jaxi/Tabla.htm?path=/t37/e01/p01/cnae09/a2018/10/&file=01006b.px&L=0>
- [46] Seur [en línea] [consulta: 20/09/2021]. Tarifas envío internacional Seur. Disponible en: <https://www.seur.com/es/particulares/enviar/envio-internacional/tarifas-envio-internacional/>
- [47] Heraldo de Aragón [en línea] [consulta: 24/09/2021]. “Un día con un “rider”: 12 viajes, 75 euros con propina y casi 10 horas conectado”. Disponible en: <https://www.heraldo.es/noticias/aragon/zaragoza/2021/03/23/dia-rider-doce-viajes-propina-casi-diez-horas-conectado-repartidores-zaragoza-aragon-economia-1479542.html?autoref=true>
- [48] Bikelec [en línea] [consulta: 26/09/2021]. “La eficiencia energética de las bicicletas eléctricas”. Disponible en: <https://www.bikelec.es/blog/la-eficiencia-energetica-de-las-bicicletas-electricas/>
- [49] MIGUEL VILLETA, TAMARA LAHERA, SILVIA MERINO, JOSÉ G.ZATO, JOSÉ E.NARANJO, FELIPE JIMÉNEZ. “Modelo para la Conducción Eficiente y Sostenible basado en Lógica Borrosa”. Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial. 2012.

- [50] ANM [en línea] [consulta: 01/10/2021]. “Análisis comparativo de consumos moto-coche”. Disponible en: [https://anmotoristas.org/noticia\\_desarrollada.php?cod=5415#:~:text=El%20resultado%20es%20concluyente%2C%20las,%2C6%20l%2F100%20km](https://anmotoristas.org/noticia_desarrollada.php?cod=5415#:~:text=El%20resultado%20es%20concluyente%2C%20las,%2C6%20l%2F100%20km).
- [51] Expansión [en línea] [consulta: 01/10/2021]. “Precios de los derivados del petróleo”. Disponible en: <https://datosmacro.expansion.com/energia/precios-gasolina-diesel-calefaccion/gasolina-95>
- [52] OMIE [en línea] [consulta: 05/10/2021]. Disponible en: <https://www.omie.es/>
- [53] El periódico [en línea] [consulta: 05/10/2021]. “Endesa prevé que el precio de la luz comience a bajar a partir del segundo trimestre del 2022”. Disponible en: <https://www.elperiodico.com/es/economia/20210907/endesa-preve-precio-luz-baje-marzo-2022-12053080>
- [54] Híbridos y eléctricos [en línea] [consulta: 08/10/2021]. Disponible en: <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/mercado/precio-fiat-educato-electrica-espana/20210301191908042936.html>
- [55] Coches.com [en línea] [consulta: 08/10/2021]. Disponible en: <https://www.coches.com/coches-nuevos/Fiat-Ducato/>
- [56] Motor sport [en línea] [consulta: 10/10/2021]. Disponible en: <https://www.vitomotorsport.com/blog/moto-para-glovo/>
- [57] V. Segura et al., [en línea] “Logística de última milla retos y soluciones en España,” Deloitte, 2020. Disponible en: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/es/Documents/operaciones/Deloitte-es-operaciones-last-mile.pdf>.
- [58] EEA, Electric vehicles from life cycle and circular economy perspectives, no. 13. 2018.
- [59] El periódico de la energía [en línea] [consulta: 28/09/2021]. “Ribera se lanza a por el gran reto: España tendrá un sistema eléctrico 100% renovable y reducirá las emisiones en un 90% para 2050”. Disponible en: <https://elperiodicodelaenergia.com/ribera-se-lanza-a-por-el-gran-reto-espana-tendra-un-sistema-electrico-100-renovable-en-2050/>
- [60] Ficha técnica Modelo Longi 545 W [en línea] [consulta: 7/10/2021]. Disponible en: <https://b2b.technosun.com/web/image/249658?unique=1f2e30a1b5be31aee61e7d71e9ecc2c5c507a6e9>
- [61] PVGIS [en línea] [consulta: 8/10/2021]. Disponible en: [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/tools.html#PVP](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#PVP)
- [62] Sede electrónica catastro [en línea] [consulta: 10/10/2021]. Disponible en: <https://www1.sedecatastro.gob.es/Cartografia/mapa.aspx?buscar=S>
- [63] Alba solar [en línea] [consulta: 10/10/2021]. Modelo Canadian Solar 360 W. Disponible en: [https://albasolar.es/wp-content/uploads/2021/07/CS-Datasheet-HiKu\\_CS3L-MS\\_v5.7\\_F30\\_ES\\_360-385.pdf](https://albasolar.es/wp-content/uploads/2021/07/CS-Datasheet-HiKu_CS3L-MS_v5.7_F30_ES_360-385.pdf)

[64] Alba solar [en línea] [consulta: 10/10/2021]. Modelo Canadian Solar 640 W. Disponible en: <https://albasolar.es/wp-content/uploads/2021/07/Canadian-650-M.pdf>

[65] Suministros del Sol [en línea] [consulta: 10/10/2021]. Modelo Longi 350 W. Disponible en: <https://suministrosdelsol.com/es/paneles-hasta-410w/1222-panel-solar-longi-375w-lr60hph-hc.html>

## ANEXO I. Cálculo de la población internauta y del número total de pedidos.

Para calcular la población internauta y con ello el número total de pedidos que se demandan diariamente en Zaragoza, en primer lugar, se han recogido los datos demográficos de la ciudad correspondientes al año 2021.

Conocidos estos datos, la población se ha dividido en dos grandes bloques: aquellos con edades comprendidas entre 14 y 70 años en un grupo, y otro grupo donde se encuentren los mayores de 70 años y los menores de 14 años (es decir, los niños y los ancianos). Esto se ha hecho ya que se ha considerado que los ancianos y los niños no utilizan internet como medio de compra.

Posteriormente, se ha acudido al estudio llevado a cabo por IAB y elaborado por Elogia donde se establece que de la población total con acceso a internet, el 93% utiliza internet y de este 93% el 72% ya lo usa como canal de compra. En la siguiente figura, obtenida del informe comentado anteriormente, se observa el número total de compradores online en España. Por lo tanto, con estos datos, extrapolando a la población de Zaragoza, se puede obtener el número total de compradores online en cada una de las juntas municipales de la ciudad.

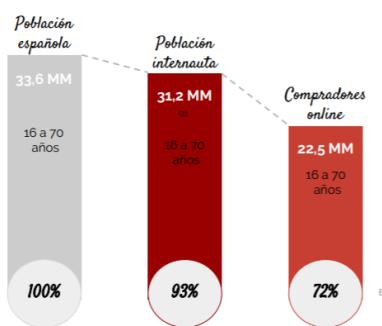


FIGURA 1. Porcentaje población internauta y compradores online.

A partir de esto, se puede conocer con gran exactitud el número total de gente que es candidata para comprar productos por internet (clasificadas siempre en función de las juntas municipales).

Conocida esta información, se puede estimar el número de pedidos diarios que se deberán entregar en cada uno de los barrios de la ciudad. Para ello, se ha acudido de nuevo al estudio comentado anteriormente, llevado a cabo por IAB y elaborado por Elogia, en el cual se establece la frecuencia de compra por internet.

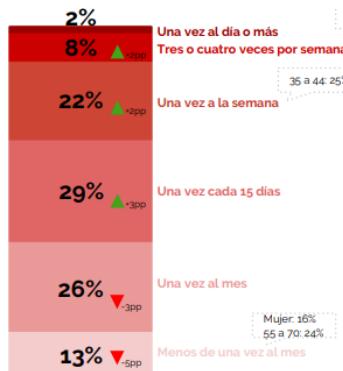


FIGURA 2. Frecuencia de compra de la población internauta.

A continuación, una vez conocida la frecuencia de compra, se ha calculado el número total de pedidos al día. Para ello, se ha elaborado la tabla que aparece a continuación, donde se han establecido, para cada uno de los barrios de la ciudad, el número total de pedidos en función de la frecuencia de compra.

ANILLO	BARRIO	UNA VEZ AL DIA	TRES O CUATRO VECES POR SEMANA	UNA VEZ A LA SEMANA	UNA VEZ CADA 15 DIAS	UNA VEZ AL MES	MENOS DE UNA VEZ AL MES	TOTAL DE PEDIDOS AL DIA
1	Casco Histórico	455	1.821	5.007	6.600	5.917	2.959	2.767
	<b>TOTAL ANILLO 1</b>	<b>455</b>	<b>1.821</b>	<b>5.007</b>	<b>6.600</b>	<b>5.917</b>	<b>2.959</b>	<b>2.767</b>
2	Centro	469	1.878	5.164	6.808	6.103	3.052	2.854
2	El Rabal	760	3.041	8.363	11.024	9.883	4.942	4.622
	<b>TOTAL ANILLO 2</b>	<b>1.230</b>	<b>4.919</b>	<b>13.527</b>	<b>17.831</b>	<b>15.987</b>	<b>7.993</b>	<b>7.477</b>
3	Delicias	971	3.886	10.686	14.086	12.629	6.314	5.906
3	Universidad	460	1.841	5.063	6.674	5.984	2.992	2.799
3	Casablanca	93	371	1.020	1.345	1.205	603	564
3	Distrito Sur	368	1.474	4.053	5.342	4.790	2.395	2.240
3	San José	622	2.489	6.844	9.022	8.088	4.044	3.783
3	Las Fuentes	404	1.618	4.449	5.864	5.258	2.629	2.459
3	Almozara	293	1.172	3.223	4.248	3.809	1.904	1.781
3	Miralbueno	125	502	1.379	1.818	1.630	815	762
3	Oliver-Valdefierro	310	1.241	3.413	4.499	4.034	2.017	1.887
3	Torrero-La Paz	404	1.615	4.442	5.855	5.250	2.625	2.455
3	Actur-Rey Fernando	589	2.354	6.474	8.534	7.651	3.826	3.578
	<b>TOTAL ANILLO 3</b>	<b>4.641</b>	<b>18.562</b>	<b>51.046</b>	<b>67.288</b>	<b>60.327</b>	<b>30.164</b>	<b>28.213</b>

TABLA 1. Número de pedidos al día en cada una de las zonas delimitadas.

El procedimiento para el cálculo de dichos pedidos ha sido el siguiente:

- Para calcular la cantidad de población que compra diariamente, se ha aplicado un 2% sobre el total de población en ese barrio.
- Para calcular la cantidad de población que compra tres o cuatro veces por semana, se ha aplicado un 8% sobre el total de la población en ese barrio y se ha multiplicado por 3,5 y dividido por 7 para, de esta manera, calcular el número total de pedidos diarios.
- Para calcular la cantidad de población que compra semanalmente, se ha procedido de manera análoga que al caso anterior. En este caso, se ha aplicado un 22% sobre el total de la población y posteriormente se ha multiplicado por 1 y dividido por 7.
- Para calcular la cantidad de población que compra dos veces al mes, se ha aplicado un 29% sobre el total de la población y posteriormente se ha multiplicado por 2 y se ha dividido por 30.
- Para calcular la cantidad de población que compra mensualmente, se ha aplicado un 26% sobre el total de la población y se ha dividido por 30.
- Por último, para calcular la cantidad de población que compra menos de una vez al mes, se ha aplicado un 13% sobre el total de la población y posteriormente se ha multiplicado por 1 y dividido por 60 ya que se ha supuesto que esta gente comprará una vez cada dos meses.

De esta forma se concluye que, al día, al anillo 1 se entregarán un total de **2.767** pedidos, en el anillo 2 un total de **7.477** y por último, en el anillo 3 un total de **28.213** pedidos.

Por otro lado, además de realizar un estudio sobre el comercio online de los consumidores particulares, también hay que tener en cuenta la cantidad de comercios que existen en Zaragoza y los perdidos diarios que necesitan realizar con el fin de renovar su stock. Para ello, se ha recogido el número total de establecimientos comerciales, bares y restaurantes distribuidos en cada una de las juntas elaborando la siguiente tabla.

ANILLO	BARRIO	COMERCIO ESPECIALIZADO EN BIENES DIARIOS	COMERCIO ESPECIALIZADO EN BIENES OCASIONALES	COMERCIO MIXTO	TOTAL COMERCIOS	RESTAURANTES Y BARES	NÚMERO DE PEDIDOS DIARIOS
1	Casco Histórico	288	434	22	744	1.148	1.472
	<b>TOTAL ANILLO 1</b>	<b>288</b>	<b>434</b>	<b>22</b>	<b>744</b>	<b>1.148</b>	<b>1.472</b>
2	Centro	279	695	14	988	1.058	1.374
2	El Rabal	227	177	22	426	404	659
	<b>TOTAL ANILLO 2</b>	<b>506</b>	<b>872</b>	<b>36</b>	<b>1.414</b>	<b>1.462</b>	<b>2.033</b>
3	Delicias	377	647	38	1.062	947	1.384
3	Universidad	170	284	14	468	630	824
3	Casablanca	74	71	5	150	34	115
3	Distrito Sur	1	0	0	1	9	10
3	San José	291	306	19	616	433	753
3	Las Fuentes	114	170	17	301	316	452
3	Almozara	78	113	7	198	264	352
3	Miralbueno	14	25	1	40	5	21
3	Oliver-Valdefierro	56	44	5	105	168	230
3	Torrero-La Paz	146	234	8	388	218	379
3	Actur-Rey Fernando	164	200	14	378	343	528
	<b>TOTAL ANILLO 3</b>	<b>1.485</b>	<b>2.094</b>	<b>128</b>	<b>3.707</b>	<b>3.365</b>	<b>5.048</b>

TABLA 2. Número total de establecimientos comerciales y número de pedidos diarios.

Tal y como se ha comentado en el capítulo 3 de este documento, los datos de los establecimientos comerciales se han obtenido del Plan Local de Equipamientos Comerciales de la ciudad de Zaragoza [10], mientras que el número total de restaurantes y bares de la ciudad han sido obtenidos mediante la base de datos del Ayuntamiento de Zaragoza [40,41]. Para poder llevar a cabo el recuento de estos establecimientos en función de las juntas municipales de la ciudad, se han descargado de la base de datos del Ayuntamiento de Zaragoza [40] unos listados donde se encuentran todos los bares y restaurantes de la ciudad agrupados en función de su código postal. Posteriormente, se han agrupado en función de las juntas municipales siendo este dato el presente en la columna 7 de la tabla 2 mostrada anteriormente.

Por último, una vez conocido el número total de establecimientos tanto comerciales como de restauración, solo falta conocer la frecuencia en la recepción de mercancías para poder calcular con ello el número total de pedidos diarios.

Para ello, se ha acudido al PMUS-ZGZ donde se establecen las siguientes frecuencias en la recepción de mercancías [43]:

- Si se trata de un comercio tradicional de textil la frecuencia de recepción de mercancías no es diría, sino que se ajusta a periodos según temporadas.
- Si se trata de establecimientos de alimentación, tanto pequeños establecimientos, como grandes supermercados, la frecuencia de recepción de mercancías es diaria y normalmente se produce al inicio de la mañana.
- Si se trata de bares, cafeterías o restaurantes, la frecuencia de recepción de mercancías vuelve a ser diaria pudiéndose dar tanto por la mañana como por la tarde.

Teniendo en cuenta todo esto, se ha calculado la octava columna de la tabla 2. Para el cálculo, como la frecuencia en la recepción de mercancías de todos los comercios es diaria (salvo el comercio especializado en bienes ocasionales), se han sumado todas las columnas y la columna de comercio especializado en bienes ocasionales se ha dividido por 30, suponiendo que, tal y como decía el PMUS, la frecuencia en la recepción es temporal y por lo tanto se ha estimado una vez al mes.

Tras realizar este cálculo, el número total de pedidos teniendo en cuenta tanto el comercio electrónico, como el comercio de los establecimientos se muestra en la siguiente tabla.

ANILLO	eCommerce	Establecimientos	TOTAL
1	2.773	1.472	<b>4.244</b>
2	7.506	2.033	<b>9.540</b>
3	28.320	5.048	<b>33.368</b>
<b>TOTAL ZARAGOZA</b>			<b>47.152</b>

TABLA 3. Número total de pedidos en cada uno de los anillos.

## ANEXO II. Producción Fotovoltaica.

Este estudio viene motivado por la posibilidad de convertir Cogullada en un polígono sostenible y autosuficiente, dotándolo de fuentes de energía renovables. Por ello, en este Anexo II se van a justificar los cálculos de producción de energía mediante placas fotovoltaicas instaladas en las cubiertas de tres naves del polígono de Cogullada. La idea inicial era utilizar la cubierta de una única nave pero, como a continuación se demostrará, esto no ha sido posible ya que la demanda energética necesaria para recargar toda la flota de vehículos era mucho mayor que la producida por las placas fotovoltaicas instaladas en una sola nave. Es por ello por lo que se han tenido que seleccionar tres parcelas del polígono de Cogullada.

En este estudio preliminar se han seleccionado tres parcelas atendiendo al criterio de que dispongan de una superficie edificable elevada intentando conseguir de esta manera reducir al máximo los costes derivados de la recarga eléctrica. Es importante destacar que las dos primeras parcelas seleccionadas disponen actualmente de actividad (en la primera se encuentra un almacén de supermercados “El Árbol” y en la segunda se encuentra un concesionario de la marca “Kia Motors”) y la última parcela seleccionada se encuentra actualmente sin edificar.

Las parcelas que se han seleccionado son las que se muestran en la Figura 3.



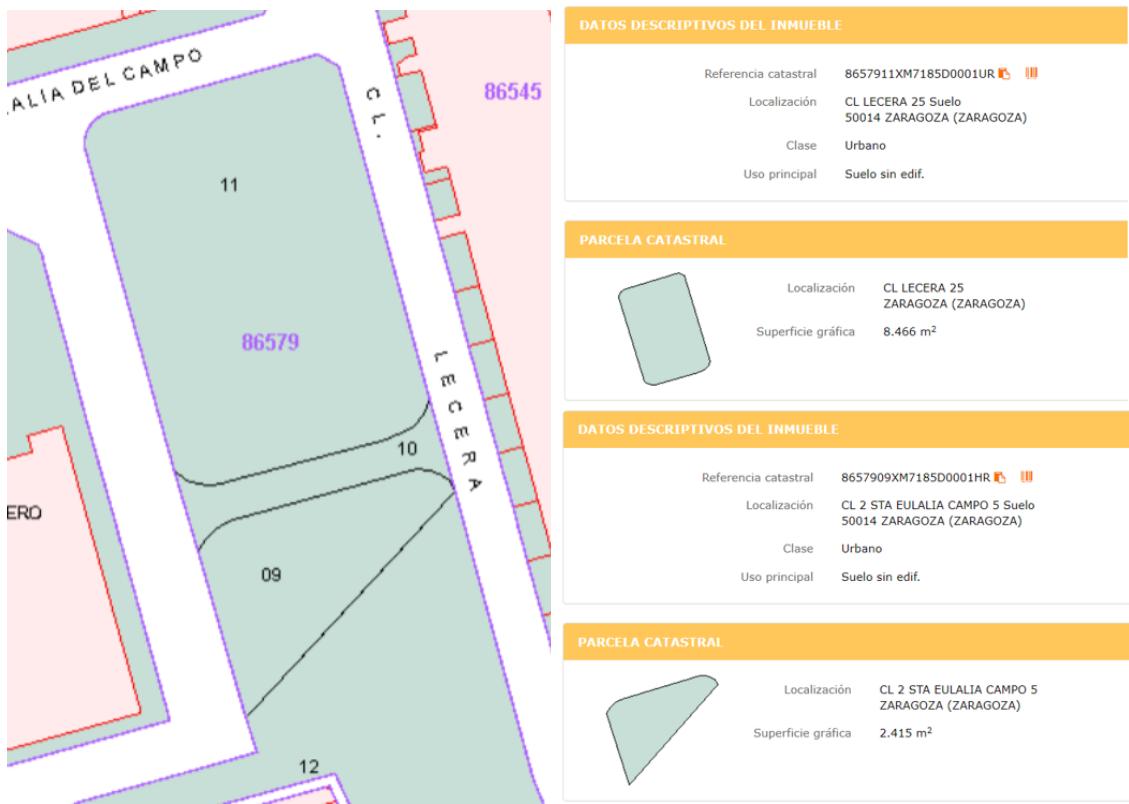


FIGURA 3. Parcelas seleccionadas para implantación de fotovoltaica [62].

Tal y como se ha comentado anteriormente, dado que con una sola parcela no se consigue producir toda la energía necesaria para recargar la flota entera de vehículos, se ha decidido escoger tres parcelas. Las dos primeras, que tienen usos industriales y comerciales se dotarán de placas fotovoltaicas en sus cubiertas. Sin embargo, la tercera parcela seleccionada, irá destinada a la construcción de un parking donde almacenar toda la flota de vehículos eléctricos y, en la cubierta del mismo, también se realizará la instalación de placas fotovoltaicas.

Por lo tanto, para realizar los cálculos fotovoltaicos, en primer lugar se va a realizar la evaluación del recurso energético y para ello se van a consultar dos bases de datos diferentes que son el PVGIS y el RETScreen [61].

De ambas bases de datos se han obtenido los valores mensuales de la irradiancia solar medidos en kWh/m<sup>2</sup>. Es importante mencionar que para el caso del PVGIS los últimos datos disponibles son los del año 2016 mientras que la base de datos del RETScreen no especifica el año del que se obtienen los datos. A pesar de esto, se pueden comprobar unos valores muy parecidos de radiación entre ambas bases de datos. En la Tabla 4 podemos observar los valores de irradiancia comentados anteriormente que se obtienen de ambas bases de datos para los diferentes meses del año. Es importante destacar que, para el resto de cálculos, se han utilizado los datos de la base PVGIS ya que se conoce con exactitud de qué año son dichos valores. Además esta aplicación permite determinar cuál es el ángulo óptimo, lo que ayudará a que la rentabilidad energética de la planta fotovoltaica sea máxima.

	Radiacion (kwh/m2)	
	PVGIS	RETScreen
Enero	63,48	54,25
Febrero	89,73	76,16
Marzo	136,89	130,82
Abril	169,98	152,4
Mayo	206,28	187,86
Junio	221,95	201,6
Julio	240,31	216,07
Agosto	212,49	201,5
Septiembre	156,8	152,4
Octubre	111,66	104,16
Noviembre	69,33	61,8
Diciembre	55,54	48,98

TABLA 4. Comparativa datos de irradiación.

Conocido cómo es el recurso solar en la zona, interesa saber cómo será la tecnología que se utilizará. En este trabajo las placas fotovoltaicas que se han escogido son de tecnología de silicio monocristalino PERC ya que son las que ofrecen una mejor relación de productividad/precio.

A la hora de escoger el modelo de placa solar se ha decidido realizar una comparativa entre dos modelos de dos marcas muy conocidas en este mundo: por un lado Canadian Solar y por otro lado Longi. Se han seleccionado dos modelos, uno de poca potencia pico (350-360 Wp) y otro de potencia pico más elevada (545-640 Wp). En la Tabla 5 se muestra un resumen de las características de estos cuatro modelos estudiados.

Modelo	Canadian Solar		Longi	
	360 W	640 W	350 W	545 W
Pmax nominal	360 W	640 W	350 W	545 W
Eficiencia	19,50%	20,60%	19,20%	21,30%
Largo	1765 mm	2384 mm	1755 mm	2256 mm
Ancho	1048 mm	1303 mm	1038 mm	1133 mm
Espesor	35 mm	35 mm	35 mm	35 mm
Tipo de célula	Mono PERC	Mono PERC	Mono PERC	Mono PERC

TABLA 5. Comparativa modelos placas solares [60, 63-65].

A continuación, para poder determinar qué modelo resulta más rentable, se deberá estudiar la potencia total producida por cada uno de ellos teniendo en cuenta el número total de paneles que caben en cada cubierta.

Para calcular el número total de paneles que caben en cada cubierta se deberá de tener en cuenta, además de las dimensiones de la cubierta y de las placas, una distancia mínima entre paneles tal que garantice un mínimo de cuatro horas de sol en torno al mediodía del solsticio de invierno. Esta distancia mínima, mediante la cual se consigue evitar sombreados, se encuentra recogida en el IDEA en su Pliego de condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red y es la que se expone a continuación:

$$d = \frac{h}{\operatorname{tg}(61^\circ - \operatorname{latitud})}$$

Siendo  $h$  la altura del panel.

Dado que las instalaciones a estudiar se encuentran en la ciudad de Zaragoza la latitud será de  $41^\circ$  y por lo tanto la distancia mínima entre paneles quedará reducida a:

$$d = \frac{h}{\operatorname{tg}(61^\circ - 41^\circ)} = h * 2,747$$

El valor de  $h$  se calcula a partir de la longitud del panel y de la inclinación del mismo de la siguiente manera:

$$h = l * \operatorname{sen}(\alpha)$$

La longitud del panel es conocida (ya que es un dato del fabricante) y la inclinación se deberá escoger de tal manera que la producción energética de los paneles sea máxima. El programa PVGIS permite obtener cuál es la inclinación óptima que, en este caso de estudio, se establece en  $38^\circ$ . Por último, resulta interesante destacar que los paneles han sido orientados hacia el sur ya que, en esta dirección, la instalación recibirá la máxima irradiación solar posible durante el día y por lo tanto el rendimiento del sistema será óptimo. A continuación, en la Tabla 6 se muestra el valor de la distancia mínima entre paneles para cada uno de los cuatro modelos seleccionados anteriormente.

Modelo	Angulo de inclinación (grados)	Angulo de inclinación (rad)	Longitud panel (mm)	Anchura panel (mm)	H (mm)	k	D (mm)
Canada Solar 360W	38	0,663	1765	1048	1086,64	2,747	2985,01
Canada Solar 640W	38	0,663	2384	1303	1467,74	2,747	4031,87
Longi 350W	38	0,663	1755	1038	1080,49	2,747	2968,09
Longi 545W	38	0,663	2256	1133	1388,93	2,747	3815,40

TABLA 6. Cálculo distancia entre paneles.

Una vez conocida la distancia mínima exigida entre paneles, se va a calcular el número de filas que se pueden colocar en cada cubierta y el número de paneles por fila. De esta manera se podrá conocer el número total de paneles y con ello la potencia pico total de la instalación. En la Tabla 7 se muestra el número total de paneles y la potencia pico de la instalación para cada una de las parcelas mencionadas anteriormente.

PARCELA 1	Modelo	D (mm)	Potencia por panel	Número de filas	Paneles por fila	Numero de paneles	Potencia (kW)
Largo	Canada Solar 360W	2985,01	360	28	76	2128	766,18
122 m	Canada Solar 640W	4031,87	640	21	61	1267	811,08
Ancho	Longi 350W	2968,09	350	28	77	2161	756,36
80 m	Longi 545W	3815,40	545	22	71	1540	839,38

PARCELA 2	Modelo	D (mm)	Potencia por panel	Número de filas	Paneles por fila	Numero de paneles	Potencia (kW)
Largo	Canada Solar 360W	2985,01	360	33	61	2024	728,50
145 m	Canada Solar 640W	4031,87	640	25	49	1205	771,19
Ancho	Longi 350W	2968,09	350	33	62	2055	719,16
64 m	Longi 545W	3815,40	545	26	56	1464	798,10

PARCELA 3	Modelo	D (mm)	Potencia por panel	Número de filas	Paneles por fila	Numero de paneles	Potencia (kW)
Largo	Canada Solar 360W	2985,01	360	31	72	2208	794,83
135 m	Canada Solar 640W	4031,87	640	23	58	1315	841,41
Ancho	Longi 350W	2968,09	350	31	72	2242	784,64
75 m	Longi 545W	3815,40	545	24	66	1598	870,77

TABLA 7. Potencia pico de las instalaciones.

Tal y como se puede observar, el panel seleccionado para las tres cubiertas es el **Longi “Hi-Mo 5, LR5-72HBD” de 540W** [50]. La razón principal por la que se ha seleccionado este panel y no cualquiera de los otros tres es porque con este modelo es con el que se consigue una potencia pico de la instalación mayor.

A continuación, conocida la potencia pico instalada en cada parcela, se acude al PVGIS y, teniendo en cuenta unas pérdidas del sistema de un 14% (que es un valor estándar cuando no se conoce con precisión dichas pérdidas) se obtiene la siguiente producción anual (en kWh).

	PARCELA 1 (kWh)	PARCELA 2 (kWh)	PARCELA 3 (kWh)
Enero	82.557,18	78.264,78	85.644,54
Febrero	100.543,36	95.574,14	104.303,34
Marzo	121.788,93	115.781,75	126.343,42
Abril	123.310,07	117.239,74	127.921,45
Mayo	130.091,43	123.697,20	134.956,42
Junio	128.966,40	122.631,91	133.789,31
Julio	141.331,14	134.386,77	146.616,46
Agosto	140.368,00	133.461,00	145.617,30
Septiembre	123.963,50	117.852,96	128.599,32
Octubre	109.093,45	103.705,55	113.173,18
Noviembre	84.194,00	79.977,40	87.342,57
Diciembre	76.750,01	72.856,51	79.620,20
<b>TOTAL (kWh)</b>	<b>1.362.957,47</b>	<b>1.295.429,71</b>	<b>1.413.927,51</b>

TABLA 8. Producción fotovoltaica anual.

Estos valores han sido obtenidos de la siguiente Figura 4 proporcionada por el PVGIS.

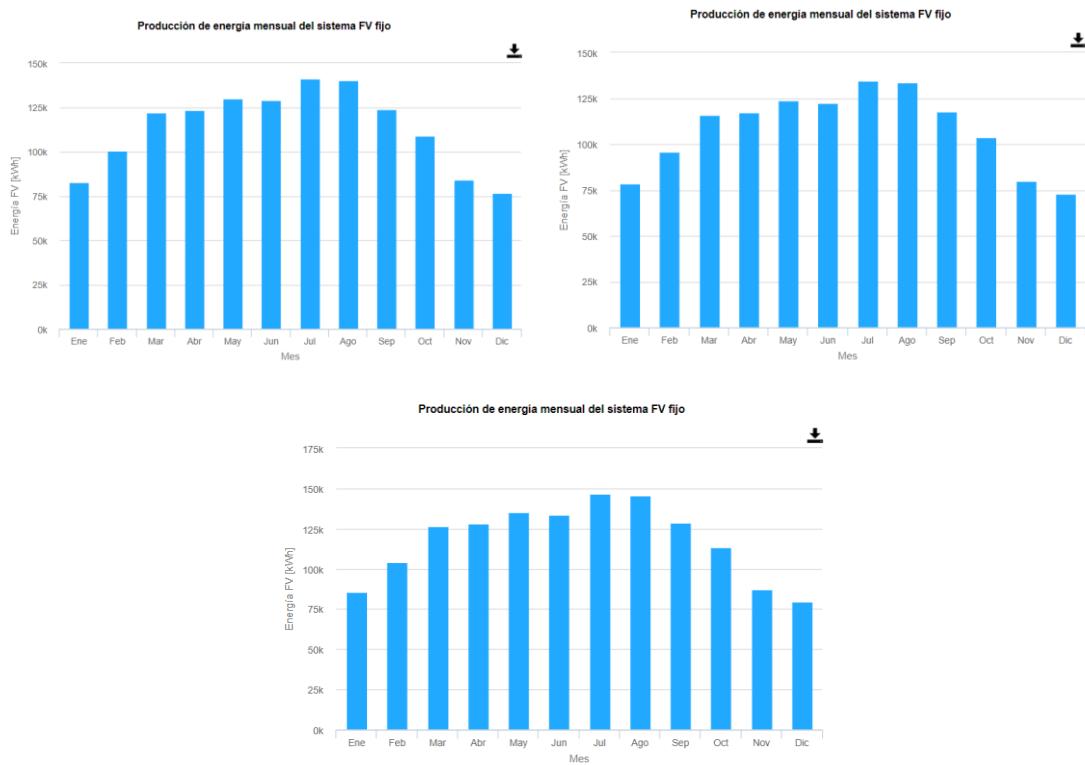


FIGURA 4. Producción fotovoltaica anual parcela 1,2 y 3 respectivamente [61].

### ANEXO III. Aplicación del estudio con datos reales.

Tras la realización de este TFM y la demostración de que es posible utilizar el polígono de Cogullada como un centro de DUM, una conocida empresa con firma aragonesa y ubicada precisamente en el polígono de Cogullada, quiso saber la energía necesaria para la recarga de la flota de sus vehículos y si sería posible o no realizar dicha recarga con las placas fotovoltaicas ubicadas en la cubierta de sus almacenes.

Para ello, se han hecho uso de sus datos de número de pedidos y del número de viajes necesarios. Todos ellos se muestran en la Tabla 9.

Anillo	Pedidos	Viajes	Vehículos necesarios
1	209	28	14
2	72	9	5
3	470	71	36

TABLA 9. Número de vehículos necesarios.

Por lo tanto, teniendo en cuenta ese número total de vehículos necesarios, se ha calculado la cantidad de energía necesaria para la recarga de toda la flota de manera análoga a la realizada en este estudio de TFM. Es por ello por lo que se ha utilizado el mismo modelo de furgoneta y las mismas rutas estimadas en el capítulo 5 de este documento.

Los datos que se obtienen de kWh son los que se muestran en la Tabla 10.

Anillo 1	Km de la ruta	Autonomía (km)	Días sin recargar	Consumo (kWh)	Consumo total (kWh)	Consumo diario (kWh)
	20,74	200	7	50	700	96,78666667
Anillo 2	Km de la ruta	Autonomía (km)	Días sin recargar	Consumo (kWh)	Consumo total (kWh)	Consumo diario (kWh)
	17,6	200	9	50	125	14,66666667
	25,4	200	6	50	125	21,16666667
Anillo 3	Km de la ruta	Autonomía (km)	Días sin recargar	Consumo (kWh)	Consumo total (kWh)	Consumo diario (kWh)
	36,8	200	4	50	600	147,2
	34,8	200	4	50	600	139,2
	39	200	4	50	600	156
						<b>Total kWh</b>
						<b>575,02</b>

TABLA 10. Recarga diaria necesaria para toda la flota de vehículos.

Como se puede observar, va a ser necesario un total de **575,02 kWh diarios** para la recarga de toda la flota de vehículos.

Por lo tanto, una vez calculada esta energía necesaria, se va a estimar la cantidad de placas fotovoltaicas que harían falta para abastecer la flota de vehículos con una recarga 100% renovable.

Para el cálculo del número de módulos fotovoltaicos que harían falta, en primer lugar, se debe seleccionar la parcela. Debido a la ubicación de la empresa, se ha seleccionado la parcela 1 descrita en este TFM.

Se observa que, con el modelo de placas solares Longi 540W, la producción anual en la parcela 1 era de **1.363 MWh**. Como la producción diaria necesaria para la recarga de toda la flota de vehículos es de **575 kWh**, será necesario un total de **210 MWh** anuales.

Es por ello por lo que se ha decidido que no será necesario colocar placas fotovoltaicas en toda la cubierta si no solo en una parte ya que con tan solo un cuarto de la parcela será suficiente para la recarga de todos los vehículos. Por lo tanto, las dimensiones de la parcela quedan reducidas a 30,5 metros de largo y 80 metros de ancho y, con el modelo de placa solar escogido en este TFM (Longi 540W), se podrán implantar un total de 385 paneles. En la tabla 11 se encuentran recogidas todas las dimensiones

Modelo	Angulo de inclinación (grados)	Angulo de inclinación (rad)	Longitud panel (mm)	Anchura panel (mm)	H (mm)	k	D (mm)	Potencia por panel	Número de filas	Paneles por fila	Numero de paneles	Potencia (kW)
Longi 545W	38	0,663	2256	1133	1388,93	2,747	3815,40	545	5	71	385	209,85

TABLA 11. Resumen dimensiones.

A continuación, una vez conocida la potencia total, se acude al PVGIS para calcular la energía mensual. En la Figura 5 se muestran los resultados obtenidos de manera visual y en la Tabla 12 se muestran los datos exactos de los kWh anuales y de los kWh diarios.

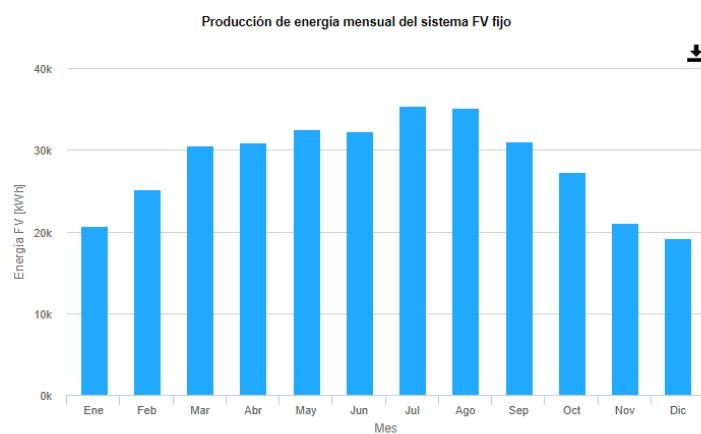


FIGURA 4. Producción fotovoltaica anual.

	PARCELA 1		Necesario recargar
	kwh Anuales	Diarios	
Enero	20.654,56	666,28	17.825,62
Febrero	25.154,32	898,37	16.100,56
Marzo	30.469,65	982,89	17.825,62
Abril	30.850,31	1.028,34	17.250,60
Mayo	32.546,95	1.049,90	17.825,62
Junio	32.266,51	1.075,55	17.250,60
Julio	35.358,94	1.140,61	17.825,62
Agosto	35.117,94	1.132,84	17.825,62
Septiembre	31.013,76	1.033,79	17.250,60
Octubre	27.293,38	880,43	17.825,62
Noviembre	21.064,14	702,14	17.250,60
Diciembre	19.201,84	619,41	17.825,62
Total	340.992,30		209.882,30

TABLA 12. Resumen datos generación.

Por lo tanto, tal y como se puede observar, con un cuarto de parcela, la producción anual total será de **340 MWh** y la necesaria para la recarga de vehículos será de **209 MWh** por lo tanto sería suficiente con tan solo 1 cuarto de parcela. Además, resulta interesante comentar que no existe ningún mes donde la producción necesaria sea inferior a la generada (ni si quiera los meses de menor producción, es decir, enero, noviembre y diciembre).