UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AERONÁUTICA Y DEL ESPACIO

GRADO EN INGENIERÍA AEROESPACIAL

TRABAJO FIN DE GRADO

Drone delivery en la Comunidad de Madrid. Análisis del negocio y viabilidad económica.

AUTOR: Enrique VILLA CORONADO

ESPECIALIDAD: Ciencias y Tecnologías Aeroespaciales (CTA)

TUTOR DEL TRABAJO: Alberto SÁNCHEZ RAMÍREZ

Junio de 2022

Agradecimientos

Quería antes que nada agradecer a mi familia todo lo que me han apoyado. Han hecho posible el que pueda hoy estar haciendo este trabajo y convertirme en el primer "ingeniero" de la familia. Han sido años duros, y todo lo que he conseguido se lo debo a su apoyo y a la motivación que me han dado. Este trabajo es para ellos. También agradecer a mis abuelos, en especial a mi abuela, sus ánimos durante todo este tiempo. Siempre han estado ahí para lo que necesitase y la cara de alegría que se le ponía cuando escuchaba "he aprobado abuela" es inigualable.

También agradecer el apoyo a mis compis de la Universidad. Por todos los buenos momentos (y en especial un momentazo) que hemos pasado en esta etapa, y los que quedan.

Por supuesto agradecer a mi tutor, Alberto, y al profesor Ángel Rodríguez Sevillano por su ayuda en el trabajo. Por último agradecer a varias compañías que han estado ayudándome y aportando información muy valiosa para este trabajo, como lo es *DeltaQuad*, *Honcell* o *BotLink* entre otras. Ha hecho que el proyecto sea más realista y completo.

Resumen

Cada vez los drones están más presentes en nuestras vidas y sus utilidades y aplicaciones no paran de crecer. El mercado en 2016 era cercano a los $2.000 millones mientras que en 2020 ya era de unos $16.000 millones y se espera que supere los $90.000 millones alrededor de 2030.

Por otro lado, el *E-commerce*, y en particular el reparto de comida a domicilio (*food delivery*), han crecido a ritmos muy altos como consecuencia de los cambios en los hábitos de consumo y comportamientos de compra del consumidor, impulsados por la pandemia, con un 72% de la población afirmando que esta ha tenido un cambio de hábitos respecto a las compras online. La unión de ambos mundos da paso a un sistema en el que los envíos se hagan con drones y de forma automatizada y mucho más eficiente, con el objetivo de adaptarse a la creciente regulación en el sector y a las demandas del consumidor.

Gracias al enorme avance tecnológico en los últimos años, el *drone delivery* ha pasado de 6 envíos comerciales en 2018 a más de 1,5 millones esperados para 2022 a nivel mundial. En línea con este crecimiento, el objetivo de este trabajo será estudiar la posibilidad de implementar una empresa logística de *drone delivery* en la Comunidad de Madrid (España) enfocada principalmente al *food delivery* como ya se está haciendo en países como Australia, Irlanda o Estados Unidos. El enfoque estará puesto en el estudio de 3 bases logísticas en 3 centros comerciales en la Comunidad de Madrid, aunque se trata de un proyecto que podría ser más amplio con operaciones a nivel nacional.

Se estudiará toda la problemática desde el punto de vista regulatorio, de percepción del consumidor y económico. Se ha observado que, pese a que el escenario regulatorio todavía no sea perfecto para desarrollar este tipo de actividades, en las zonas estudiadas el tiempo de entrega medio por vehículo terrestre es hasta un 79% mayor que con el empleo de drones y los costes operativos pueden llegar a ser menores que los de una empresa tradicional de *food delivery* como *Glovo* si la escala de pedidos es suficiente.

Palabras clave: Dron, UAV, UAS, EASA, Wing, Manna, envío de comida, Madrid, España

Abstract

Drones are increasingly present in our lives and their utilities and applications do not stop growing. The market in 2016 was close to $2,000 million, while in 2020 it was already about $16,000 million and it is expected to exceed $90,000 million within 8 years.

In addition, the E-commerce market has increased substantially, in particular, food delivery as a consequence of the changes in consumption habits and consumer purchasing behaviors. Mainly driven by the pandemic, with 72% of the population affirming that the pandemic has been a critical point, changing habits regarding online purchases. The union of both worlds (E-commerce and drones) opens up the possibility to create a system in which shipments are made with drones in an automated and much more efficient way, with the aim of adapting to the growing regulation in the sector and to consumer demands.

Thanks to the technological advancement in recent years, the drone delivery market has gone from 6 commercial shipments in 2018 to more than 1.5 million expected by 2022 globally. In line with this growth, this paper will study the possibility of implementing a drone delivery logistic company in the Community of Madrid (Spain) focused mainly on food delivery as it is already being done in countries such as Australia, Ireland or the United States. The focus will be on the study of 3 logistics bases in 3 shopping malls in the Community of Madrid, although it is a project that could be broader with operations at a national level.

Problems such as the regulatory framework, consumer perception and economic point of view will be studied. It has been observed that, despite the fact that there are regulatory concerns for carrying out this type of activity, in the areas studied the average delivery time by land vehicle is up to 79% greater than that with the use of drones. Also, operating costs can be lower than those of a traditional food delivery company like Glovo if the scale of orders is sufficient.

Keywords: Drone, UAV, UAS, EASA, Wing, Manna, Drone delivery, Madrid, Spain

ÍNDICE

1. Marco teórico y conceptual 8
   1.1. Introducción y objetivos 8
   1.2. Situación histórica 12
2. Regulación 15
   2.1. Antecedentes e historia de la regulación en el sector de la aviación 15
   2.2. Regulación en el transporte de mercancía con drones en el *"Last-Mile-Delivery"* 16
3. Estado del arte en el "*Last-Mile-Delivery*" 20
   3.1. Empresas del sector de la comida a domicilio o "*food delivery" convencional* 20
      3.1.1. Comienzos del "*food delivery*" en España 20
      3.1.2. Estructura de ingresos de las compañías de *delivery* 21
      3.1.3. Presente y futuro del sector 23
   3.2. Empresas pioneras en operaciones de *"Last-Mile-Delivery"* con drones 25
      3.2.1. Wing. Empresa subsidiaria de Alphabet 25
      3.2.2. *Manna* 26
      3.2.3. *Flytrex* 27
      3.2.4. *Matternet* 27
      3.2.5. *Amazon Prime* Air 28
   3.3. Desafíos que presenta el *"drone delivery"* 29
      3.3.1. Percepción del consumidor 29
      3.3.2. Desafíos que presenta la regulación 31
      3.3.3. Riesgos de percepción del consumidor 32
4. Definición del proyecto en la Comunidad de Madrid 36
   4.1. Descripción del proyecto 36
   4.2. Localización geográfica 38
      4.2.1. Niveles de ruido. Elección de los puntos de despegue/aterrizaje de los drones 46
   4.3. Envío y recepción de los paquetes. Logística 50
5. Análisis del proyecto 54
   5.1. Estimación de la demanda 54
      5.1.1. Sector de la comida a domicilio (*Food delivery*) 54
      5.1.2. Sector del *E-commerce* 59
      5.1.3. Sector de la comida a domicilio y el *E-commerce*. Demanda total 61
   5.2. Modelo de negocio. Ingresos 63
   5.3. Elección del *UAV*. Características técnicas, consumo energético y costes 67

5.3.1. Tipos de drones ... 67
5.3.2. Modelo de consumo energético del *UAV* requerido ... 69
5.4. Tiempos característicos de las operaciones ... 84
6. Costes del proyecto ... 89
6.1. Costes operativos ... 90
6.1.1. Costes de adquisición del *UAV* ... 90
6.1.2. Costes de mantenimiento y reemplazamiento de los *UAS* ... 95
6.1.3. Baterías. Elección de las características necesarias y estimación de costes ... 99
6.1.4. Redes *LTE* para las comunicaciones ... 105
6.1.5. Contratación del personal de operaciones ... 106
6.1.6. Infraestructura y otros equipos ... 109
6.1.7. Coste de la aprobación del proyecto y seguros de los *UAS* ... 111
6.1.8. Otros gastos de las operaciones ... 112
6.2. Costes de estructura ... 114
6.2.1. Aplicación de pedidos para móvil ... 114
6.2.2. Costes salariales del equipo principal ... 115
6.3. Costes totales del proyecto ... 118
7. Análisis de negocio ... 121
7.1. Modelo de Las 5 fuerzas de Porter ... 121
7.2. Análisis *DAFO* ... 123
7.3. Las 7 P's del marketing ... 125
8. Análisis de la viabilidad económica del proyecto ... 127
8.1. Análisis VAN-TIR general ... 128
8.2. Beneficios según el escenario de la demanda ... 130
8.3. Análisis de los costes. Posibles mejoras y optimización ... 133
9. Comparación del "drone delivery" con el sector convencional de "delivery" ... 136
9.1. Comparación de los tiempos de entrega ... 136
9.2. Comparación desde el punto de vista económico ... 139
9.3. Ventajas y desventajas del "*drone delivery*" respecto a métodos de envío tradicionales ... 141
10. Conclusiones ... 142
11. Glosario ... 145
12. Índice de Figuras y Tablas ... 146
13. Material adicional ... 150
14. Bibliografía ... 150

1. Marco teórico y conceptual

1.1. Introducción y objetivos

El mundo ha cambiado mucho estos últimos años y las nuevas tecnologías están avanzando constantemente adaptándose continuamente a las cambiantes necesidades de los consumidores. El *E-commerce* no ha hecho más que crecer a ritmos desmesurados, y se ha incrementado, en gran parte, por la pandemia del *Covid-19*. Se han producido nuevos hábitos y comportamientos de compra en los consumidores que no se hubiesen producido de no haber ocurrido este cisne negro. Tomando a la mayor potencia mundial (Estados Unidos) el crecimiento que se ha visto en tan solo 2 años es espectacular, sobre todo en categorías como electrónica junto con comida y bebidas.

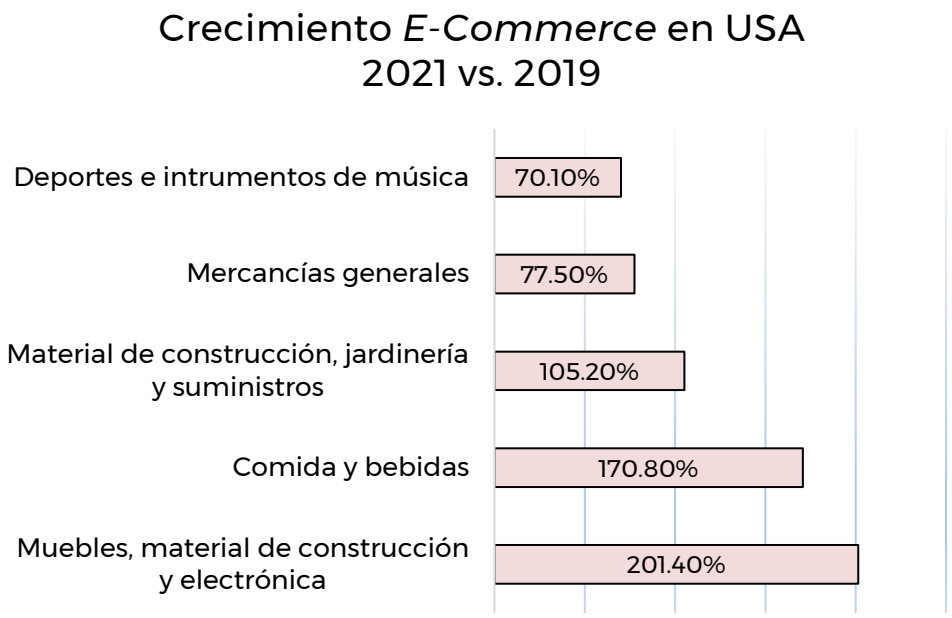


Figura 1.- Crecimiento del E-commerce en USA. Fuente: US Dept. of Commerce.

En España, el número de personas que han realizado algún tipo de compra online en 2020 alcanzaba los 26.2 millones, siendo aproximadamente el 55% de la población total. La demanda por envíos rápidos es cada vez mayor. Ya no sirve con únicamente con recibir un pedido unos días después, si no que el consumidor quiere envíos rápidos en un día o incluso menos. Según una encuesta de Flat 101, el 97.69% compra con gastos de envío igual o inferiores a 3€, bien porque llegue al pedido mínimo, porque tenga suscripción o porque pague una cantidad dentro del rango indicado. Además de aquellos que tienen una suscripción, el 88,1% esperan recibir sus paquetes en no más de un día, y en el caso de que el envío sea gratuito, la necesidad de tener el pedido rápido no es tanta, con solo un 5,57%

esperando recibir el paquete en menos de un día. Esto muestra la alta correlación entre el precio que se paga por un envío y la rapidez con la que se espera tener ese envío. En un mundo donde las suscripciones como la de Amazon están de moda, la capacidad de efectuar envíos rápidos es vital y los consumidores lo están solicitando [1].

Uno de los servicios que demuestra esta tendencia es la alianza en 2016 del gigante estadounidense *Amazon* con la cadena de supermercados Dia en España. Mediante el servicio *Amazon Fresh*, el cliente de *Amazon Prime* puede comprar online y disponer de su compra en el mismo día, de forma gratuita en pedidos de valor superior a una cantidad que es normalmente de 50€, solicitando previamente la franja de 2 horas que más le convenga. Este servicio, en 2021 ya se había expandido a 11 ciudades por toda España. Y sobre todo en las grandes ciudades existen una continua avalancha de nuevos proyectos. Uno de ellos es *getir*, que ya cuenta con más de 1.000 empleados y opera en 6 ciudades diferentes desde su inicio en verano de 2021. Este negocio opera supermercados "fantasma" (no abiertos al cliente) desde donde los llamados *riders* te llevan la compra que pides desde tu casa en cuestión de minutos [2].

Esto suena muy bien, pero existe una cuestión de gran importancia, que es si tiene viabilidad económica a largo plazo de este tipo de negocios. Muchos analistas y personas de influencia se escudan en la necesidad de estas compañías de captar clientes aunque permanezcan en pérdidas con la esperanza de obtener una base sólida de clientes a futuro. La realidad es que, simplemente las economías de escala actualmente no permiten la rentabilidad de estos negocios, que son en la actualidad máquinas de quemar dinero. Gigantes como la alemana *Delivery Hero* que recientemente adquirió *Glovo*, solo ha conseguido beneficios en 2019, que de lejos compensan las pérdidas acumuladas en estos dos últimos años. Otros como la norteamericana *DoorDash*, pese a que sus ingresos anuales se han multiplicado por 15 desde 2018, todavía no ha sido capaz de producir beneficios. Por tanto se llega a una coyuntura en la que por una parte, el servicio es claramente demandado pero la industria todavía no ha encontrado la manera de que sea rentable.

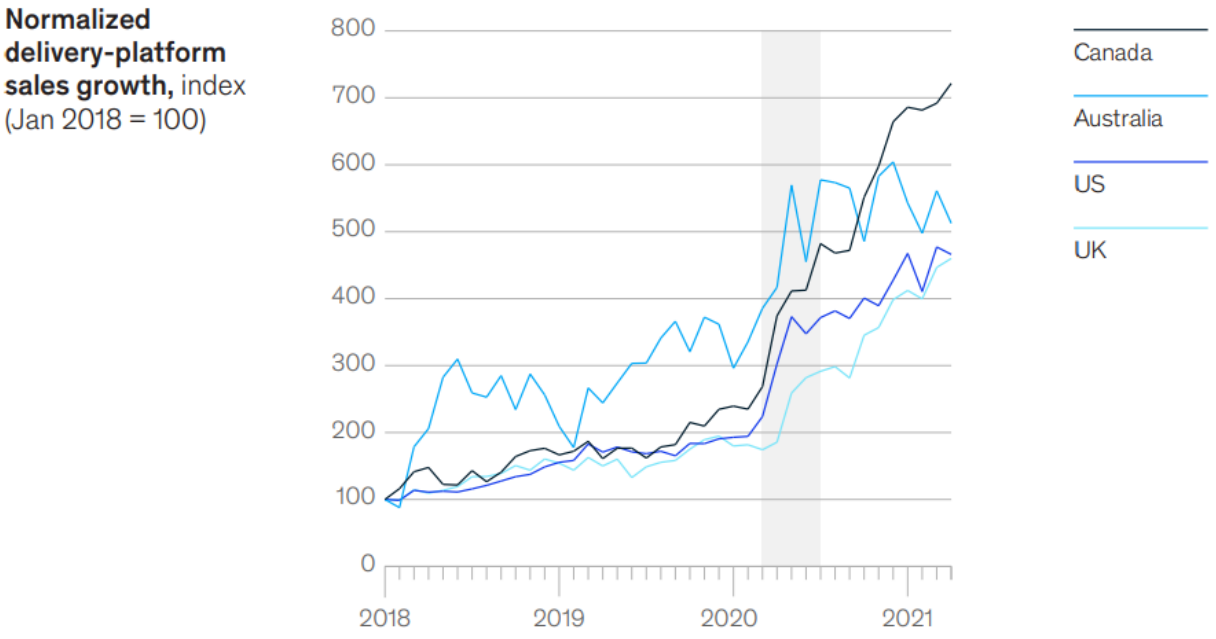


Figura 2.- Crecimiento normalizado de ventas de plataformas de delivery. Fuente: Edison Trends, McKinsey.

Por otra parte, pese a que esté creciendo este último sector de envíos rápidos, el modelo actual no es para nada sostenible. Como ya se ha explicado, las compañías pierden dinero trimestre tras trimestre [3].

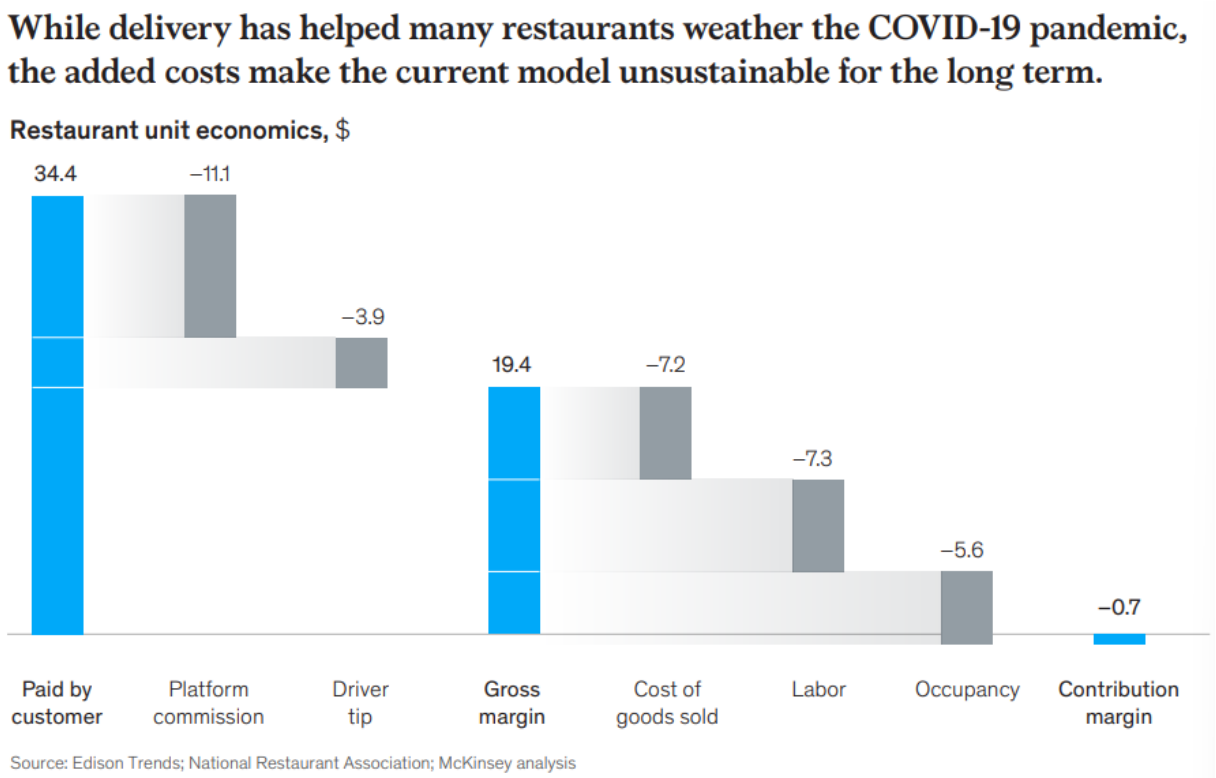


Figura 3.- Análisis de costes y beneficios de un restaurante que emplea plataformas de delivery. Fuente: Edison trends, National Restaurant Association, McKinsey.

En el caso del envío de comida a domicilio, el problema es más que evidente, donde las altas comisiones de en torno al 30% de las plataformas de delivery hacen que el beneficio de los restaurantes sea o muy pequeño o directamente tenga pérdidas. Es decir, ni las plataformas de delivery, ni los propios negocios que emplean dichas plataformas salen ganando en la mayoría de las ocasiones. Además existe un debate generalizado por las condiciones de trabajo de los *riders* (trabajadores que te envían la comida) y su remuneración. Por ello, se quiere explorar una alternativa exponiendo un caso que podría suceder. Se va a explorar el envío con drones tratando de que consumidor disfrute de envíos todavía más rápidos y sea viable económicamente.

En estos 2 últimos años, el mercado del *"drone delivery"* ha crecido desde los $680 millones en 2020 hasta los ~$990 millones en 2021, un incremento de más del 45%. Además se espera que esta industria crezca a una tasa anual del 49% *CAGR (Business Wire)*. Por otra parte, este método de envíos puede hacer que los costes operativos se vean disminuidos en un 90% (*Forbes)*. Según la reconocida consultora *McKinsey*, el mercado del envío comercial con drones está despegando, pudiendo llegar casi a 1,5 millones de envíos en 2022.

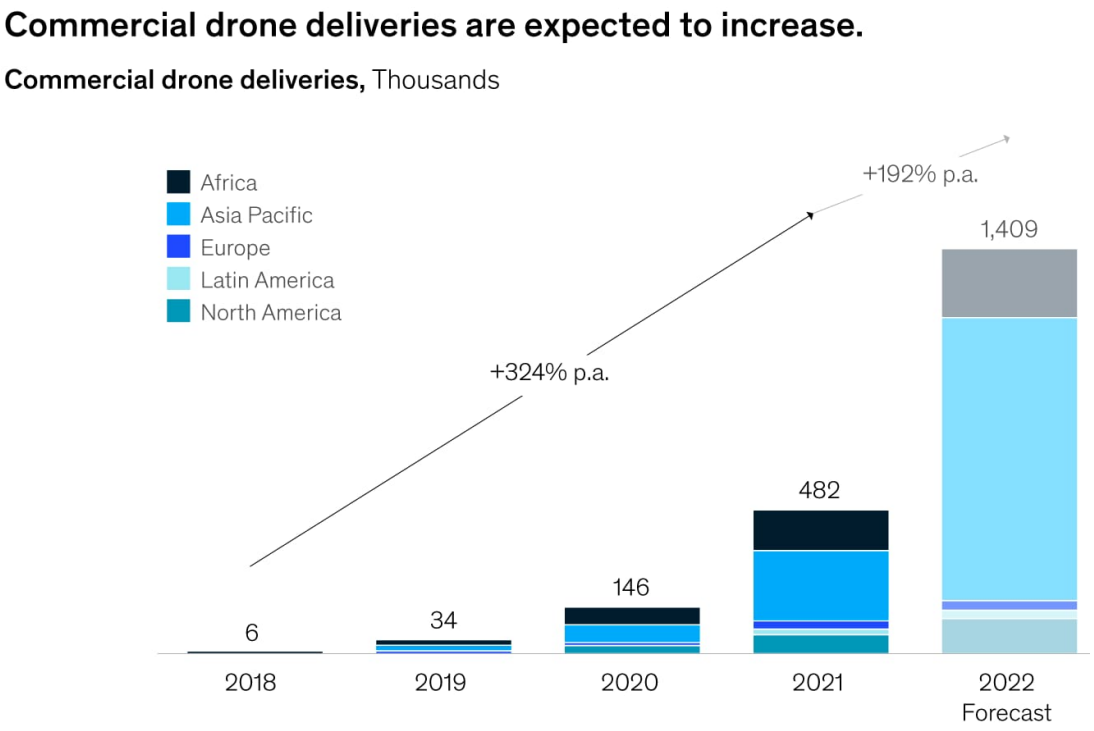


Figura 4.- Mercado del envío comercial con drones a nivel mundial. Fuente: McKinsey.

En este trabajo vamos a estudiar la instalación de una o varias pequeñas instalaciones logísticas de envío con drones en la Comunidad de Madrid, y con posible expansión a otros lugares concretos de la geografía nacional. La situación geográfica se situará en el barrio de La Moraleja (Alcobendas) y otras

dos localizaciones alrededor de Majadahonda y Las Rozas. Este proyecto tendrá una visión a largo plazo de 5-10 años, para comprobar si pudiera llegar a ser rentable y aportar valor al consumidor proporcionando un mejor servicio que satisfaga sus necesidades. Los drones enviarán paquetes con todo tipo de productos procedentes principalmente del varios centros comerciales desde los que se efectuarán todas las operaciones. En particular, se harán envíos de comida a domicilio.

El empleo de drones para distintas aplicaciones está siendo cada vez más común. Actualmente (09/05/2022) los drones registrados en Estados unidos según la FAA (*Federal Aviation Administration*) son de 855,179 en total, siendo para uso recreativo poco más del 60% del total y para uso comercial aproximadamente el 37% con un total de 316,860 drones registrados. Además, la FAA prevé que el crecimiento anual en el registro de drones sea del 6.4%. Los proyectos que emplean drones para el denominado como "*last mile delivery*" están poco a poco creciendo y penetrando en nuevas localizaciones geográficas. Este es el caso de la empresa *Wing*, pasando de efectuar sus primeras pruebas en Australia (2014) hasta expandirse para operar en 5 localizaciones y 3 países diferentes 8 años después, llegando a efectuar más de 250,000 envíos comerciales.

Recientes encuestas apuntan a dónde va el futuro de la logística. El 36% de personas que compran online serían más propensas a comprar un artículo que llegue a su casa mediante un dron, acorde con una reciente encuesta de *Cluth* a 528 participantes mientras que el 39% no vería su decisión afectada según el medio de transporte empleado en el envío. El 25% restante sería menos propenso a recibir un paquete por medio de un dron [4].

Por las razones expuestas anteriores, se cree que el empleo de drones autónomos para el "*last mile delivery*" va a jugar un papel muy importante. Puede ayudar a reducir costes a futuro además de mejorar los tiempos de entrega notablemente.

1.2. Situación histórica

Como muchas de las tecnologías de las que hoy en día disponemos, los drones (más comúnmente denominados como *UAVs,* terminología que se empleará de aquí en adelante) provienen del sector militar. Los primeros vehículos no pilotados se remontan a la primera guerra mundial, aunque estos terminaron no siendo usados para la guerra. Estos vehículos fueron creados por Estados Unidos y Reino Unido. Ambos países seguirían creando drones, previos a la segunda guerra mundial. Su uso era principalmente el de emplearlos para el entrenamiento de las tropas, funcionando como el blanco objetivo. No sería hasta la guerra de Vietnam (1955-1975) donde se verían *UAVs* de reconocimiento y

lanza misiles. Es a partir de los años 80 cuando se abriría el mercado, tanto en términos de países como en términos de las aplicaciones de los *UAVs*. Los *UAVs* militares ya serían mucho más sofisticados, capaces de volar a grandes altitudes, durante más tiempo y efectuando ataques a objetivos terrestres en el siglo XXI. Y se comienzan a explorar amplias y diferentes aplicaciones en el entorno civil, desde la fotografía hasta operaciones de búsqueda tras desastres naturales [5].

Desde los años 1980, los *UAVs* ya se comenzaron a emplear para la aplicación de fertilizantes a cultivos hasta esta última década donde se introdujo la toma de fotos de los cultivos para facilitar su gestión. El uso de estos vehículos no ha parado de extenderse y en la actualidad es ya común su uso en ayuda para la extinción de incendios y desastres naturales, vigilancia del tráfico por parte de la DGT (en verano de 2021 sobrevolaba 39 drones) junto con la inspección de zonas industriales difícilmente accesibles como lo son puentes o plantas nucleares [6].

En el caso que nos ocupa, el uso de drones para el transporte de mercancía en el tramo denominado como "última milla" o más comúnmente denominado como *Last-Mile-Delivery*, el desarrollo no ha sido tan grande como las anteriores aplicaciones, aunque se han iniciado numerosos proyectos en la última década, tanto por parte de grandes empresas de logística o *E-commerce* como por parte de varias *start-ups*. Se emplean drones autónomos, que no necesitan ningún piloto que los controle de forma directa. Estos capturan señales de imagen y video a su alrededor a través de sensores de imagen de alta calidad (como el LiDAR). Posteriormente las convierten en señales digitales y mapean la zona mediante la tecnología *GPS*. Además se ayudan de la Inteligencia artificial.

Principalmente, los productos que se comenzaron a enviar en un inicio fueron productos medicinales de primera necesidad para centros médicos y hospitales. Compañías como *Zipline*, fundada en 2014, ya cuenta 275,000 envíos comerciales a fecha de abril de 2022, enfocándose en productos difícilmente accesibles como la sangre, plasma, vacunas u otros productos medicinales. Principalmente opera en países con infraestructuras terrestres pobres. Esta compañía ha logrado obtener un 75% de la cuota de mercado de envíos de sangre en Rwanda, fuera de la capital [7]. Además ha sido de las primeras en operar globalmente.

A raíz del envío de medicinas y productos de alta necesidad en emergencias, más compañías comenzaron a explorar la posibilidad de expandir el mercado. Entre las opciones que se han barajado, el envío de comida es una de las principales. Comienza por tanto la primera toma de contacto con esta tecnología, a la vez que la normativa comienza a tomarse más seriamente por parte de los reguladores en Estados Unidos. Este país va a ser, en la actualidad, el pionero donde aparecen las empresas más importantes.

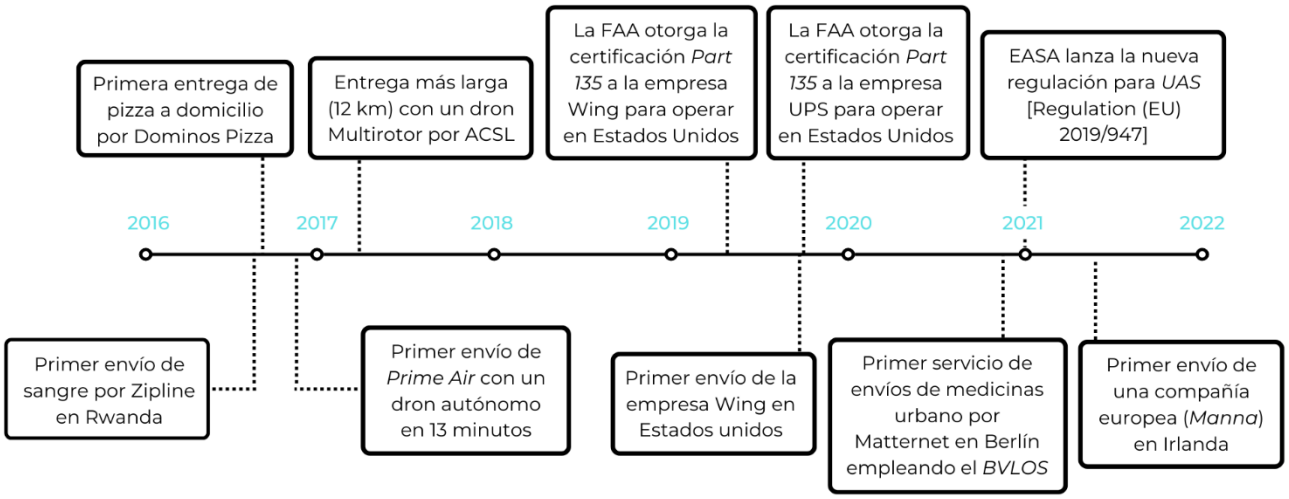


Figura 5.- Acontecimientos relevantes sobre el uso de UAVs para envíos comerciales. Fuente: Elaboración propia a partir de noticias y blogs oficiales de las compañías.

Los principales acontecimientos se han desarrollado estos últimos 6 años aunque ya desde 2012 empezaron a aparecer proyectos de estas características. Se estudiará más a fondo cuáles son y qué modelo de negocio tienen las compañías más importantes.

2. Regulación

La regulación tiene una importancia muy grande sobre el mundo empresarial. En muchas ocasiones un proyecto puede o no ser viable dependiendo de si la ley lo permite. Por esto, antes de continuar, es importante resaltar donde se encuentra actualmente esta industria en términos regulatorios.

En el ámbito de estudio, la regulación es de extrema importancia y debe ser revisada constantemente, al ser un campo en el que todavía queda mucho recorrido. Además, como se ha visto previamente, el empleo de drones para usos comerciales es extremadamente reciente y por ello, también lo es la regulación. A continuación se explorará cuál es y ha sido el marco regulatorio con relación a los drones, con especial hincapié en cómo afecta a su uso comercial en el denominado *"Last-Mile-Delivery"*.

2.1. Antecedentes e historia de la regulación en el sector de la aviación

La industria de la aviación es diferente y peculiar en lo que a regulación se refiere. Por lo general, las leyes se elaboran de forma reactiva (después de que la actividad se haya llevado a cabo). Este sería un caso claro de la regulación en el ámbito tecnológico, sobre todo respecto a las "grandes tecnológicas". Actualmente en ese sector, después de varios años desde su nacimiento, el marco normativo todavía se encuentra en desarrollo en los Estados Unidos, país pionero en dicha industria. Sin embargo, la industria de la aviación, sobre todo la comercial, es peculiar y diferente. En esta, la seguridad se encuentra por encima de cualquier otro factor. Por ello la norma no puede ser completamente reactiva, sino que parte de ella debe aparecer de manera previa a la actividad con el fin de evitar desastres en el espacio aéreo.

En la industria aeroespacial existe otro concepto muy importante que es la evaluación de la seguridad, siendo diferente para distintos tipos de aeronaves. La regulación es mucho más exigente con aeronaves de grandes capacidades de transporte de pasajeros que con aeronaves donde el único tripulante es el piloto. Un Airbus A320 tiene unas normas y legislación muchísimo más estrictas con programas de mantenimiento más frecuentes además de empleo de personal como mecánicos con licencias *EASA (European Union Aviation Safety Agency)* y continua formación.

Sin embargo, para aeronaves como los *ULM* (Aeronaves Ultraligeras Tripuladas) las normas son mucho menos estrictas, al ser 2 personas el máximo de tripulantes. Es decir, la norma, pese a que "perjudique" a la aviación comercial de pasajeros en términos económicos, tiene una clara función: evitar accidentes, sobre todo cuando estos puedan afectar a muchas personas. Y por eso que a medida que un avión es

más pequeño, además de ser menos complejo, la norma es más flexible y dará menos quebraderos de cabeza. Este tipo de enfoque que llevan a cabo las autoridades claramente beneficia a los *UAVs* al ser estos no tripulados. Si un dron falla, no se va a cobrar la vida de ninguna persona si se tiene un sistema de prevención para que, en caso de que sobrevuele un entorno urbano, no caiga sobre ningún civil. No hay obligación ni necesidad de una revisión tan periódica de los sistemas de seguridad como existe en una aeronave comercial grande. Además, al ser sistemas mucho menos complejos, el personal no requiere de una formación tan completa como en la aviación comercial convencional, abaratando los costes. Es decir, la regulación, a priori es más flexible con menores exigencias que las existentes en la aeronáutica civil convencional.

En España no es hasta 2014, es decir hace nada más 8 años desde la elaboración de este trabajo, cuando la *Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA)* comienza a regular el sector de los drones. La primera normativa fue clara cuyo objetivo fue el de minimizar la incertidumbre que pudiera existir entre los poseedores de dichas aeronaves. Esta aclaraba que tanto el uso comercial como el profesional no estaban amparados por la regulación vigente española.

A raíz de estos acontecimientos, el futuro comenzó a esclarecerse con la aparición de la Ley 48/1960, de carácter transitorio, en la que por primera vez se definía el concepto de dron: *aeronave pilotada remotamente (RPA)*. No apareció una regulación algo más sólida hasta 2017 mediante el Real Decreto 1036, aunque todavía dejaba preguntas por resolver. Justo en ese periodo, comenzó la elaboración de la norma por parte de la *EASA (European Union Aviation Safety Agency)* la cual fue publicada en enero de 2021 y sigue vigente en la actualidad [8].

Cabe destacar brevemente, para comprender cómo está avanzando la regulación en el sector de la aviación, que la normativa en Europa tiene un claro objetivo y enfoque: unificar la norma. De esta manera, la normativa nacional de cada país (en este caso la normativa *AESA*) deja de ser efectiva y únicamente se debe atender a la normativa europea (*EASA*). Esto supone desde el punto de vista de eficiencia, facilidad y reducir las trabas para lanzar proyectos en diferentes países, y supone un gran paso adelante.

2.2. Regulación en el transporte de mercancía con drones en el *"Last-Mile-Delivery"*

La regulación del sector como se ha visto es reciente. En Estados Unidos, no es hasta finales del 2019 cuando se concede la primera autorización por parte de la FAA a la compañía *Wing*, perteneciente a *Google*, otorgando la certificación *Parte 135*. Gracias a esta certificación, la compañía era capaz de

operar legalmente en el ámbito de envío de mercancías. Un año más tarde, en 2020, una subsidiaria de la compañía *UPS, UPS Flight Forward,* obtuvo la certificación completa de la *Parte 135*, logrando ser la primera en conseguirlo lanzando el primer envío de medicaciones bajo dicha certificación empleando un dron *Matternet M2 quadcopter*. Este es capaz de transportar 2 kg hasta una distancia de 20 km. Una nueva industria comenzó a emerger a raíz de estos sucesos.

En el caso de Europa, la nueva regulación europea, (EU) 2019/947 y (EU) 2019/945, establece unas bases sólidas en cuanto a la normativa aplicada a los drones, denominándose estos como *UAS* (*Unmanned Aircraft Systems*). La principal diferencia entre *UAS* y *UAV* erradica en que un *UAS* engloba tanto al *UAV* como a los sistemas como por ejemplo el *GPS*.

La normativa entró en vigor en España, y demás miembros EASA, en enero de 2021 afectando tanto al uso recreativo como el profesional. Hasta entonces, la normativa dependía de cada país, pero debido a los objetivos fijados por muchos países europeos, la regulación en la aviación avanza a que cada vez más aeronaves estén amparadas por la normativa *EASA* y no la normativa nacional, en el caso de España *AESA* como ya se ha comentado.

Uno de los puntos principales y vitales en la norma respecto a las operaciones con drones, son los términos relacionados con el "*Visual Line of Sight*" (*VLOS*) o en castellano, Línea de Visión Visual. El concepto puede ser explicado con la siguiente ilustración:

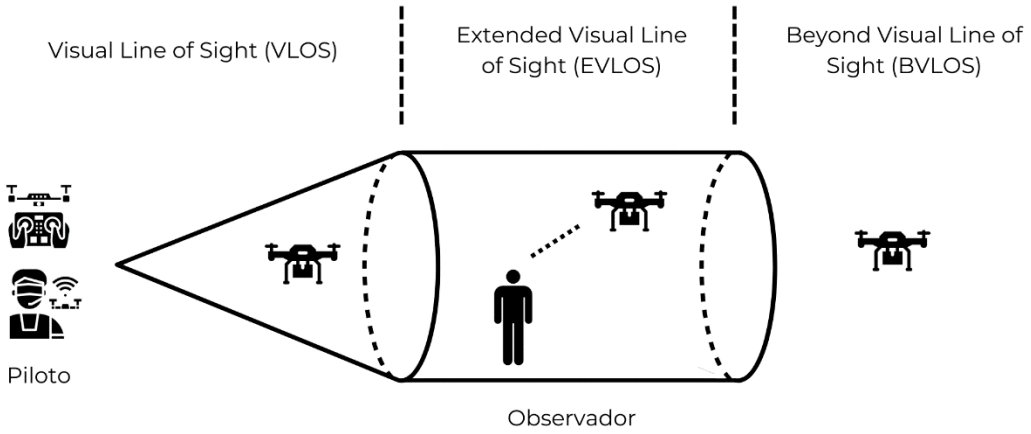


Figura 6.- VLOS, EVLOS y BVLOS. Fuente: Soarizon (Thales).

Las operaciones *VLOS* son el tipo de operaciones en las que el piloto del *UAS* tiene visibilidad continua y sin ayuda de ningún dispositivo (solo con el ojo humano, con o sin gafas) sobre el vehículo. Existen limitaciones como el no poder volar bajo árboles, edificios u otros obstáculos por cuestiones de

seguridad. Un paso por delante se encuentra el *EVLOS* (*Extended Visual Line of Sight*). En este caso, el piloto se ayuda de observadores entrenados para mantener contacto visual cuando este sea imposible con el piloto y tener comunicación directa por radio con el mismo. Así se consigue ampliar el rango de operaciones. Este tipo de operaciones ya es más restrictivo requiriendo permisos especiales por parte de las autoridades. Cabe destacar que en la *EASA*, generalmente se aplican los mismos requerimientos para las operaciones *VLOS* y *EVLOS*.

Por otro lado, se encuentra el *BVLOS* (*Beyond Visual Line of Sight*) que es mucho más restrictivo que los dos tipos de operaciones anteriores. En este caso, el *UAV* no requiere de la protección de un piloto u observador como en los casos anteriores, sino que se ayuda de Estaciones de Piloto Remotas (*Remote Pilot Station, RPS*) o Estaciones de Control en Tierra (*Ground Control Station, GCS*) para su localización. Este tipo de operaciones requieren de entrenamiento más exigente para los pilotos y operadores. Sus aprobaciones por parte de las autoridades se efectúan caso por caso con análisis detallados. En el caso de Estados Unidos, las compañías de *drone delivery* no efectúan normalmente operaciones *BVLOS*. Si lo hacen, es a pequeña escala gracias a exenciones otorgadas por la *FAA* (organismo regulador estadounidense). Actualmente las operaciones *BVLOS* no se contemplan en la norma en dicho país [9].

Para la aprobación de un proyecto de estas características en un país como España, territorio europeo, la normativa será *EASA*. Según la normativa (EU) 2019/947 y (EU) 2019/945), los drones empleados comercialmente para el envío de mercancías en zonas urbanas entre otro tipo de actividades entran dentro de la categoría de *"Special Condition Light UAS Medium Risk"*. A parte de esta categoría existen otras dos:

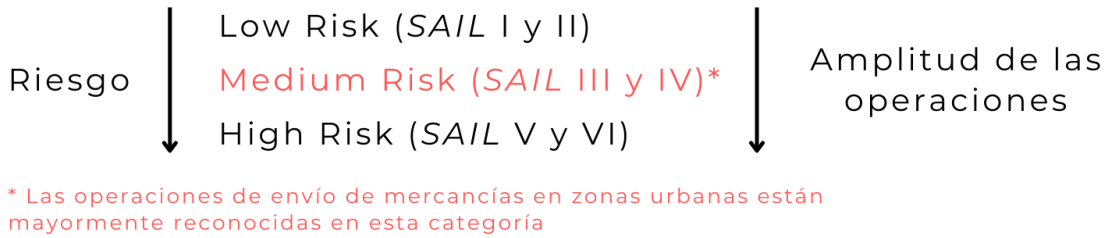


Figura 7.- Categorías de riesgo en las "Special Condition". Fuente: EASA, Elaboración propia

Cuanto mayor es el *SAIL*, mayor debe ser la seguridad del dron, puesto que se le dan unas capacidades más amplias de operación a los *UAS*. El servicio de verificación de diseño para permitir las operaciones de *UAS* será cobrado a los operadores según las horas dedicadas por la *EASA*. Este servicio no debería de llevar más de 180 horas (según la regulación, son 247€/h), pero para proyectos más complejos como es el tratado actualmente, esto llevaría más tiempo. Por lo que se estaría hablando de más de 44.460€ para obtener la aprobación en un proyecto complejo [10].

Estas condiciones especiales requieren una adherencia a muchos requisitos de aeronavegabilidad para la posterior emisión de un Certificado de Tipo (no obligatorio para algunas operaciones) cuyas condiciones principales son:

- Debe ser demostrado que las operaciones presentan un riesgo medio.
- *MTOM* (Maximum Take Off Mass) inferior a los 600 kg.
- No permiten el transporte de humanos y pueden ser autónomos. *

* Un dron autónomo es capaz de efectuar un vuelo seguro sin la intervención de un piloto.

La emisión de los Certificados de Tipo es responsabilidad de las autoridades nacionales, pero este será reconocido en todos los países con normativa *EASA*.

Para aplicar a las operaciones con *UAS* en la categoría especial, lo primero y necesario que se debe hacer es efectuar una evaluación de riesgos. La metodología empleada será la llamada como *SORA* (*Specific Operations Risk Assesment*) la cual está dividida en 10 pasos. Una vez efectuada, se podrá aplicar para una autorización por parte de la autoridad competente. Finalmente, si todo está correcto, las operaciones serían autorizadas y se podrían comenzar a llevar a cabo. Existen alternativas a la metodología *SORA* como la *PDRA* (*Predefined Risk Assesment*). O si las operaciones son "operaciones estándar" (STS), permitiendo declarar la operación sin requerir una autorización. Aunque actualmente en la regulación *EASA* bajo aplicaciones *STS* no se podrían llevar este tipo de proyectos complejos y con un *PDRA*, se requerirían observadores, haciendo el proyecto económicamente no viable. Por esto, se debería de aplicar mediante el *SORA*.

Resumiendo, hoy en día la operación con drones *BVLOS* es posible y se puede acceder a los servicios proporcionados por la *EASA*. Aunque no es barato y todavía es un campo de aplicación muy nuevo con ciertas incertidumbres regulatorias. Por otra parte, cabe resaltar que una compañía comercial que opera con drones, es muy similar a una aerolínea convencional. La regulación existente es también muy exigente. Experiencia previa en la aviación facilitaría mucho la gestión con la *EASA* y sería recomendable.

3. Estado del arte en el "*Last-Mile-Delivery*"

3.1. Empresas del sector de la comida a domicilio o "*food delivery" convencional*

Las compañías del sector de comida a domicilio como *Glovo*, *Uber Eats* o *Just Eat* entre otras, han experimentado un crecimiento muy grande durante los últimos años, acelerado por la pandemia. Estas tienen una estructura y modelo de negocio muy similar. El proyecto de envío con drones tendrá ciertas similitudes y por ello es interesante analizarlas. Además, este tipo de empresas serán competidores directos.

3.1.1. Comienzos del "*food delivery*" en España

En España, el mercado de comida a domicilio comenzó con webs como *ComerComer*, donde se llegaron a hacer 500 pedidos en un mes. Todo un hito para aquella época. Desaparecería tras la burbuja de las "punto com", y su fundador crearía casi 10 años más tarde *SinDelantal*. Pero estas compañías únicamente ofrecían la plataforma para el uso de los restaurantes a cambio de comisiones de alrededor del 12%. La flota de repartidores la tenía que poner la propia empresa, no como sucede mayoritariamente en la actualidad. Más tarde sus fundadores venderían la empresa a *Just Eat* y comenzarían un nuevo proyecto en México. En 2013, las empresas del sector en España únicamente eran *Just Eat* y *La Nevera Roja*, esta última fundada en 2013. *La Nevera Roja* fue la primera que consiguió incorporar su propio servicio de repartidores, que hasta ese momento ofrecían los propios restaurantes. Más tarde esta compañía terminaría siendo adquirida por 80 millones de euros [11].

Las compañías más famosas de hoy en día entrarían a España a mediados y finales de la segunda década. Glovo sería fundada en 2014 en Barcelona. Otras compañías extranjeras entrarían en 2015 (*Deliveroo*) y en 2017 (*Uber Eats*). En 2022 Glovo ya cuenta con 2,5 millones de usuarios activos en España (*Business Insider*). Por su parte, *Just Eat* también parece contar con un número similar de clientes y ya ha superado los 20.000 restaurantes con los que opera en España (*Europa Press*). El futuro también es prometedor. Según la consultora *McKinsey*, el sector del *food delivery* en mercados consolidados es del orden de 4 a 7 veces más grande de lo que era en 2018 con buenas perspectivas a futuro.

3.1.2. Estructura de ingresos de las compañías de *delivery*

Los ingresos de las empresas de *delivery* convencionales provienen principalmente de dos fuentes:

I. Comisiones al cliente final

Este tipo de comisiones son ya bien conocidas. Se trata de los gastos de envío y comisiones de "mercado" (*marketplace*) o de gestión (comisión por los servicios de conexión entre el restaurante/comercio y el cliente) repercutidos al cliente final que pide el producto. Los gastos de envío dependen de la distancia y disponibilidad de riders entre otros factores. Las comisiones de "mercado" o de gestión varían según el establecimiento pero suelen ser similares. Teniendo en cuenta que *Glovo*, *Just Eat* y *Uber Eats* cuentan con unas cuotas de mercado de alrededor del 40%, 30% y 20% (según un estudio de Fintonic en 2020) se puede analizar cuánto está pagando el consumidor final por este tipo de gastos en las zonas de estudio. Se han tomado datos de manera aleatoria en direcciones diferentes de las 3 zonas en las que se analizará el proyecto del *drone delivery* (más de 300 restaurantes en 3 *Apps* distintas). Se han obtenido, efectuando las medias, los siguientes resultados:

Empresa	Cuota de mercado [I]	Comisión de gestión	Gastos de envío	Total
Uber Eats	22.22%	2€	2,31€	4,31€
Glovo	44.44%	0€ [II]	2,59€	2,59€
Just Eat	33.33%	0,75€	1,63€	2,38€
Media		**0,69€**	**2,21€**	**2,90€**

[I] Se ha considerado que las tres empresas tienen el 100% de cuota de mercado

[II] Están incluidos en los gastos de envío. Existen cargos extra si no llegas al pedido mínimo en cada establecimiento. Pero se ha considerado que siempre se llega a dicho pedido mínimo

Tabla 1.- Comisiones medias de empresas de "delivery" a los clientes finales. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos en las Apps de las diferentes empresas.

Se observa como el cliente está pagando de media 2,90€ por envío, incluyendo los gastos de gestión. Hay que destacar también como muchos de los establecimientos que no tienen costes de envío, requieren pedidos mínimos que en ocasiones son alrededor de 15€ pero en muchos otros casos puede llegar a los 30€.

II. Comisiones directas a los restaurantes/comercios

Estas comisiones son menos conocidas, pero son la principal fuente de ingresos para estas compañías. Se trata de una comisión u otros tipos de cargos al establecimiento que emplea a la plataforma de *delivery* para hacer llegar sus productos a más gente. La plataforma de *delivery* se llevará un porcentaje de cada venta que se realice a través de ellos. Además, hay algunas que cobran a los establecimientos una tasa fija semanal/mensual o una tasa de apertura que puede llegar a más de 300€ en algunos casos. Esta última es la razón por la que muchos establecimientos deciden aumentar los precios de sus productos en estas plataformas, repercutiendo el coste al cliente final.

Empresa	Comisión (%)	Entrada	Cuota Fija	Fuente
DoorDash (USA)	15-30% + VAT	-	-	TechCrunch
Uber Eats (España)	15-30% + IVA	$350 [I]	-	Web Uber Eats
Glovo (España)	35% + IVA	150€ + IVA	100 al mes	Blog Glovo
Just Eat (UK)	14%+VAT	295£ + VAT	-	Dephna
Deliveroo (UK)	20-30% + VAT	50£	-	Dephna
Uber Eats (UK)	30% + VAT	350£	-	Dephna

[I] Por tiempo limitado no se tiene que pagar esta cuota

Tabla 2.- Comisiones de empresas de "delivery" a los restaurantes/comercios. Fuente: Varios sitios web (2022).

En años recientes, estas comisiones cobradas por las compañías llegaban a ser de incluso el 40%.
Pero hoy en día, se observa como las comisiones van desde un 15% hasta aproximadamente un 30%, sin incluir cuotas adicionales que puedan aumentar aún más estos valores ni tampoco el *IVA* (Impuesto sobre el Valor Añadido). Los comercios grandes y cadenas, debido a su volumen, pueden tener comisiones reducidas gracias por su escala y capacidad de negociación. Pero los pequeños comercios tienen una situación más complicada con mayores comisiones. Además, si un comercio emplea varias plataformas de delivery estas pueden cobrar más comisiones que si el comercio solo hace uso de una, como explica en el periódico *El Confidencial* Pepe Morán, dueño de la casa de comidas *De La Riva*.

En general, los comercios no pueden asumir tales comisiones por lo que mayoritariamente las traspasan al consumidor elevando los precios de sus productos en las plataformas de *delivery*. De acuerdo con un *report* de *Paytronix* los precios eran de media un 24% mayores en estas plataformas. Los que más elevan estos costes son los restaurantes de comida rápida (27%) frente a otro tipo de restaurantes (14%). En otros análisis en *Reino Unido* el portal *Which* mediante una encuesta resaltaba como la diferencia entre la misma comida pedida en el propio restaurante y en la app de comida a domicilio era de 11,62£ (13-14€).

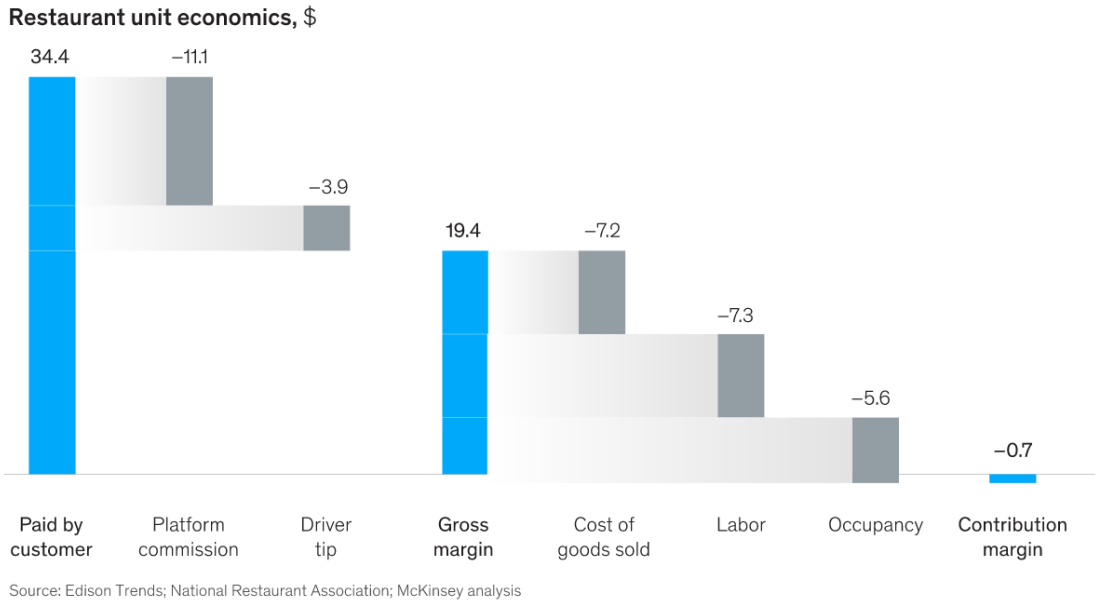


Figura 8.- Análisis de ingresos y costes en un restaurante con un servicio de delivery contratado. Fuente: Edison trends & National Restaurant Association.

Incluso elevando los precios, muchos restaurantes siguen encontrando la rentabilidad en estas áreas de negocio. Pese a que es de enorme ayuda para muchos restaurantes sobre todo durante los meses de la pandemia del *Covid-19*, la sostenibilidad en este tipo de negocios todavía no se ha encontrado.

3.1.3. Presente y futuro del sector

Uno de los mayores problemas que presentan estas empresas es la rentabilidad. La mayoría de las compañías todavía no ha producido beneficios, con la "excusa" de ganar mayor cuota de mercado. Aunque no todos los resultados son malos. Por ejemplo, *Delivery Hero*, siendo la mayor empresa del sector en cuanto a cuota de mercado anunció como preveía alcanzar un *EBITDA* positivo para finales de 2022. Por otro lado, la Estadounidense *Uber Eats* afirmó a *Business Insider España* que ya es rentable en 10 mercados [12].

El mercado no para de crecer y expandirse. Pero de otro modo, en este modelo de negocio existen problemas y grandes costes, tanto para las empresas de *delivery* como para los restaurantes. La innovación dentro del sector es también feroz. Compañías como *Glovo* ya están probando "robots andantes" en España para enviar de forma automatizada en las ciudades, aunque existen claros retos en cuanto a rango (tan solo es de 1 km) y en cuanto a escalabilidad. Los drones están despegando en diversas áreas aunque en el mercado del *delivery* todavía no lo ha hecho a gran escala. La idea es la de

explorar otro tipo de modelos de negocio empleando las nuevas tecnologías y automatizando procesos. El objetivo es el de mejorar, simplificar y automatizar los procesos para los restaurantes y demás comercios, y seguir incrementando el volumen de negocio alcanzando el mayor número de clientes y transacciones. Esto supondrá que las comisiones, en algunos casos desorbitadas, seguirán reduciéndose en el futuro.

Por último, con la creciente regulación en el sector, la situación para este tipo de compañías es aún más complicada. Se ha visto con la Ley Rider, que entró en vigor en 2021 logrando que *Deliveroo* (una de las grandes en el sector) cerrase sus puertas en España, despidiendo a casi 4.000 empleados según *El Confidencial*. Tras esta Ley, otras compañías como *Glovo* han seguido con su modelo de los llamados como "falsos autónomos" mediante cambios en sus procesos digitales que otorgan capacidades propias y decisiones a los *riders*, provocando un probable error de interpretación de la norma y posibles problemas jurídicos (*El Confidencial*). Otras como *Uber Eats* han decidido subcontratar a sus repartidores mediante empresas que contratan a los *riders* como asalariados, de forma que siguen dominando el control del proceso de negocio, a través de la tecnología, la información y la comunicación, con los comercios y con los destinatarios del envío.

Según la Asociación mayoritaria de *riders* (APRA), 10.000 de los 30.000 *riders* perdió su trabajo en los primeros 5 meses de implantación de la Ley. Además, en Febrero de 2022 se firmó por parte de casi 1.000 restaurantes, principalmente pequeños y medianos comercios, el *Manifiesto de restaurantes españoles sobre la Ley Rider* que expresaba la preocupación por una posible caída de los ingresos por la laboralización forzosa de los repartidores. La situación es compleja, y un sistema de reparto autónomo como el que se propone con drones, requeriría mucho menos personal laboral, evitando la excesiva y rígida regulación laboral impuesta a las compañías tradicionales de *delivery*.

Por la insostenibilidad actual de este modelo de negocio en la actualidad, explorar una vía alternativa podría resultar viable, basada en la tecnología, en la comunicación, en los procesos y sobre todo, en mejorar la experiencia del cliente. Se ha observado como los comercios que acceden a los servicios de *delivery* poseen márgenes, en el caso de tener ingresos, muy ajustados por las altas comisiones. Y las propias empresas de *delivery* muestran resultados en muchos casos negativos. Además, según *Bloomberg*, *Grubhub* (compañía de *delivery* convencional) les informó a sus accionistas que no creían que fuera posible generar ganancias significativas a partir del *food delivery*. Por ello se quiere implementar un modelo de negocio distinto, aplicando una tarifa fija por envío que más adelante se detallará, de forma que si el comercio gana más, sus costes no subirán, y que tiene un valor añadido en la funcionalidad, la reducción de tiempos del proceso y la satisfacción del cliente al recibir un pedido a través de drones. Pero será necesario alcanzar un mínimo por pedido para conseguir rentabilizar el

envío.

3.2. Empresas pioneras en operaciones de *"Last-Mile-Delivery"* con drones

Son ya varias empresas las que están hoy en día operando en todo el mundo en determinadas localizaciones. Las que llevan más tiempo operando y están más avanzadas, no son por lo general subdivisiones de las grandes como Amazon, sino que son nuevas *start-ups* enfocadas únicamente en el *"drone delivery"*. Esto va en línea con los resultados de un estudio realizado por *RARC* en *USA* donde la adición de un servicio de entrega con drones en una compañía grande y establecida tiene una repercusión negativa sobre la imagen de la marca (alrededor del 30% peor). Mientras que si la empresa es una nueva compañía innovadora, la imagen de la marca se ve mejorada en también alrededor de un 30%. A continuación se explorarán las compañías más importantes en el mercado delo *drone delivery* enfocándose principalmente a las que están en el mercado de la comida a domicilio. Pese a que en Asia el desarrollo de esta tecnología es muy alto, se han estudiado proyectos de países del mundo occidental principalmente.

3.2.1. Wing. Empresa subsidiaria de Alphabet

La empresa estadounidense *Wing,* subsidiaria de *Alphabet* (*Google*), es muy probablemente el proyecto más avanzado y solido en entrega de drones en lo denominado como *"Last-Mile-Delivery"* (transporte de última milla). Actualmente, la empresa opera en 3 países distintos: Australia, Finlandia y Estados Unidos. Solo en Australia, la empresa ha sido capaz de llevar a cabo, de media, más de 274 envíos diarios en 2021, y en los 3 primeros meses de 2022 ya ha conseguido sobrepasar los 320 envíos diarios. Aunque cabe destacar que esta demanda, en parte, se debe a las restricciones sanitarias y confinamientos aplicados en el país y tasas de envío gratuitas para el consumidor [13].

Inició sus operaciones en Australia y ahora existe también en Nueva Zelanda y Estados Unidos. En este último país, *Wing* obtuvo la certificación *Part 135* la cual le permitía operar, a partir de abril de 2019, transportando carga de terceros y fuera de la línea de visión (*BVLOS*). Esta empresa ha optado por el uso de drones híbridos debido a que desde la compañía piensan que son los más adecuados para envíos rápidos y eficientes, aprovechándose de las ventajas ya expuestas anteriormente.

Wing opera desde sus propias localizaciones, como desde las plazas de aparcamiento de diferentes supermercados o desde el techo de centros comerciales. Los pedidos se efectúan a través de su propia *App*. Esta es la compañía más avanzada del entorno, que ha conseguido un aumento en 2021 de sus

pedidos del 600% respecto a 2020, llegando a los 250,000 pedidos en sus distintas localizaciones, según su *Blog*. Destacar que para incentivar su uso aplica una promoción, que supone que el coste de envío para los consumidores finales es gratuito.

3.2.2. *Manna*

De las compañías ya mencionadas, *Manna* es la única de origen estrictamente europeo, con operaciones actualmente en Irlanda. Fue fundada en 2018 y ya cuenta con alrededor de 150 empleados según *Independent.ie* (Mayo de 2022) desde los 23 empleados en los inicios de 2020 (globalambition.ie). Además ya ha conseguido más de $30M de financiación (crunchbase.com). Concretamente operan en *Balbriggan*, cerca de Dublín, y en *Oranmore*, sirviendo a más de 45,000 personas. De media, *Manna* declara que desde que sale el dron hasta que llega a su destino, el viaje en dron lleva tan solo 3 minutos en un área circular de menos de 2 km de radio y ya han completado más de 65,000 envíos en total, con planes de expansión por otras localizaciones del país según muestran en su propia página web.

Figura 9.- Zona de operaciones de Manna en Balbriggan, Irlanda. Fuente: App de Manna.

Por otra parte, el peso máximo son 2 kg en cajas de 25x25x14 cm volando a más de 60 km/h (hasta 80 km/h) y a alturas de 50-80 m. Los pedidos salen del centro comercial situado en pleno centro de la ciudad, muy parecido a uno de los servicios que ofrece la compañía *Wing*. En este caso, también se efectúan los pedidos a través de su propia *App*. *Manna* cobra una tarifa fija de subscripción a los comercios, que es desconocida. Desde su aplicación, casi todos los comercios envían por 4,2€, aunque su *CEO*. Por tanto se puede estimar que a los comercios les cuesta alrededor de cómo mínimo 4,2€ enviar a través de *Manna*.

Los inicios de la compañía fueron en Oranmore (Galway, Dublín) donde consiguieron llegar al 35% de los hogares, con un 75% de consumidores que vuelve a usar sus servicios [14]. A fecha de mayo de

2022, su *CEO* afirma que *Manna* pierde dinero con cada envío que realiza, pero esperan conseguir la rentabilidad en el próximo año, es decir, 2023. La rentabilidad únicamente podrá ser alcanzada con la suficiente escalabilidad. Por otra parte, hasta el momento *Manna* no ha realizado operaciones *BVLOS*. Está todavía siendo estudiado por la *EASA* y planean disponer de la certificación que les permita los vuelos *BVLOS* para finales de 2022 (Bajo certificación *SAIL IV*). Actualmente operan bajo certificación *SAIL II* [15].

3.2.3. *Flytrex*

Otra de las empresas punteras es *Flytrex*. Pese a que esta se encuentra situada en Israel, esta opera en Estados Unidos únicamente, en distintas pequeñas poblaciones llegando a más de 10.000 hogares. Sus drones son multirrotor e incorporan medidas de seguridad como un paracaídas en caso de fallo. Estos son autónomos, y transportan hasta 3 kg a viviendas en un radio de hasta 4.85 km. Actualmente, los consumidores finales no tienen que pagar ningún coste de envío. Un punto a favor de sus drones es que no emplean ningún tipo de cámara, por lo que se respeta la privacidad del cliente por completo. Otro punto interesante que resalta su *CEO*, es que sus operarios no necesitan ningún tipo de certificación para trabajar. Esto es esencial, puesto que la necesidad de una certificación aumentaría los costes salariales [16].

3.2.4. *Matternet*

Otro gran jugador en la industria es *Matternet*. empresa estadounidense. Esta es interesante de analizar, pues es una de las pocas en haber obtenido la certificación necesaria para poder desarrollar operaciones *BVLOS*. Inició las operaciones en Suiza (país miembro de *EASA)* en 2017 junto con el servicio postal nacional de Suiza (Swiss Post) y su enfoque es algo distinto al de *Wing*. En este caso, en lugar de contar con un envío directo hasta el punto final, sin que el consumidor necesite salir de casa, *Matternet* se apoya de diferentes estructuras de 3 metros de alto repartidas por la ciudad en las que los drones aterrizan y despegan. Es decir, no son envíos directos si no que se apoyan de una infraestructura adicional. Esto es semejante al estilo que están adoptando muchas empresas que usan puntos de recogida, los cuales dan flexibilidad al consumidor pudiendo recoger su pedido cuándo quieran mediante autenticación.

Otra localización con regulación europea en la que opera *Matternet* es Berlín, concretamente en el hospital *Labor Berlin Charité Vivantes*. Comenzó las operaciones en noviembre de 2020, logrando ser la

primera red de envío de medicina con drones mediante *BVLOS* en Europa. Con este proyecto, *Matternet* es capaz de lograr envíos un 70% más rápido que métodos convencionales en un ambiente en el que, en determinados casos, la rapidez es crucial para llevar a cabo de manera satisfactoria un tratamiento hospitalario.

Hasta la actualidad (Junio 2022), *Matternet* ya ha efectuado más de 15,000 vuelos comerciales con sus drones, con tan solo un incidente hasta la fecha que paralizó la flota por 5 meses hasta que el caso fue resuelto por los reguladores [17].

3.2.5. *Amazon Prime* Air

Amazon Prime Air es una de las promesas en el mundo de la entrega con drones. El proyecto fue anunciado en 2013, pero a día de hoy no existe ninguna red de envíos operando, si no que únicamente se están haciendo pruebas en instalaciones que tienen repartidas internacionalmente. Amazon dice que alrededor del 75% de sus productos pesan menos de 2,3 kg y el 85% de sus pedidos entran en este rango de peso. Esto significa un potencial enorme para el envío con drones, al ser pequeña la máxima carga de pago (MPL) que pueden transportar estos drones.

De acuerdo con un análisis de Bloomberg, la compañía ha sufrido 5 accidentes en un periodo de 4 meses (sin ninguna fatalidad ni lesión) en una de sus instalaciones en Estados Unidos. La seguridad, es el factor más importante para tener en cuenta en estos programas, ya que potencialmente, se quieren miles de drones sobrevolando los cielos, pero la regla de los números grandes haría que los accidentes, por muy bajo que sea el porcentaje, sean demasiados para causar rechazo por parte del público [18]. El último accidente de un dron de Amazon (abril de 2022) causando un incendio en el campo que tuvo que ser apagado por el cuerpo local de bomberos, ha hecho que el programa se retrase aún más. Es por estos factores por los que todavía se estima que quede algo lejos el comienzo a gran escala del proyecto de *Amazon Prime* Air.

Pese al lento avance, según documentos de *Insider*, Amazon planea el comenzar a efectuar muchos más vuelos de prueba con 1.300 nuevos clientes que podrán elegir de entre unos 3.000 productos de menos de 2,3 kg. Amazon espera conseguir 12.000 vuelos de prueba, siendo 5.000 de estos vuelos comerciales. Recientemente (Junio de 2022), la compañía ha escrito en uno de sus *Blogs* que espera comenzar pronto los envíos en una pequeña localidad en California (Estados Unidos) llamada Lockeford. Por estos números, el servicio de Amazon todavía está bastante lejos, al menos en término de volumen de vuelos, de compararse con otros participantes más establecidos y con mayor experiencia [19].

3.3. Desafíos que presenta el *"drone delivery"*

El envío con drones no ha hecho más que comenzar y pese a que las ventajas que se han podido destacar anteriormente puedan ser evidentes, es una tecnología nueva y su adopción todavía deja bastantes preguntas sin resolver. Como cualquier tecnología nueva, presenta una reticencia por parte del público que es normal además de otros desafíos como la viabilidad económica de estos proyectos y su seguridad, cuando esta tecnología esté preparada para escalar.

3.3.1. Percepción del consumidor

En Christiansburg (Virginia, USA) la empresa *Wing*, comenzó sus operaciones en 2019, tras obtener la certificación *Part 135* por parte del organismo regulador estadounidense (*FAA*). Desde entonces se ha experimentado un cambio notable en la percepción por parte de los residentes. Una reciente encuesta (20 preguntas y 821 encuestados de 22.000 residentes) por parte de *Virginia Tech Mid-Atlantic Aviation Partnership* (*MAAP*), un sitio de pruebas designado por la *FAA* que trabajo de la mano con *Wing* para lanzar el proyecto, ha visto como el 87% de los encuestados dijeron que la idea de la entrega con drones les gustaba, un número bastante superior a otros que se observan en otras encuestas. Las atribuciones de estos resultados se deben a que la percepción cambia cuando el consumidor experimenta el que su pedido llegue rápido y de forma seguro y el como el *"boca a boca"* comentando las experiencias entre los vecinos, influye positivamente. Estos encuestados resaltaron que la comodidad y rapidez del envío eran los principales puntos positivos, mientras que el ruido era la mayor inquietud. La preocupación del ruido suele aparecer alrededor de un 70% de los encuestados, mientras que en el realizado por parte de *MAAP* el porcentaje se situaba tan solo en el 17% además de que el 75% de los que tenían dicha preocupación, se mostraban positivos sobre la idea de tener sus paquetes enviados por drones [20].

Por otra parte, en otras encuestas en lugares donde este método de envíos todavía no ha llegado, los resultados son bastante diferentes. Las opiniones favorables sobre este tipo de servicio se encuentran en torno al 30-40% pero estas tienen grandes variaciones según factores como la edad, tipo de localización (urbana, rural o remota) y sexo, donde las mujeres suelen ser menos favorables que los hombres [21]. Si se efectúa una segregación por tipo de localización y edad, se obtendrían los siguientes resultados a partir de cuestionarios efectuados en Alemania por la "*German Unmanned Aviation Association"* (*GUAA*) en 2017 y 2019 [21] y en Estados Unidos en 2016 por *RARC* y *United States Postal Service* (*USPS*) en 2016 [22].

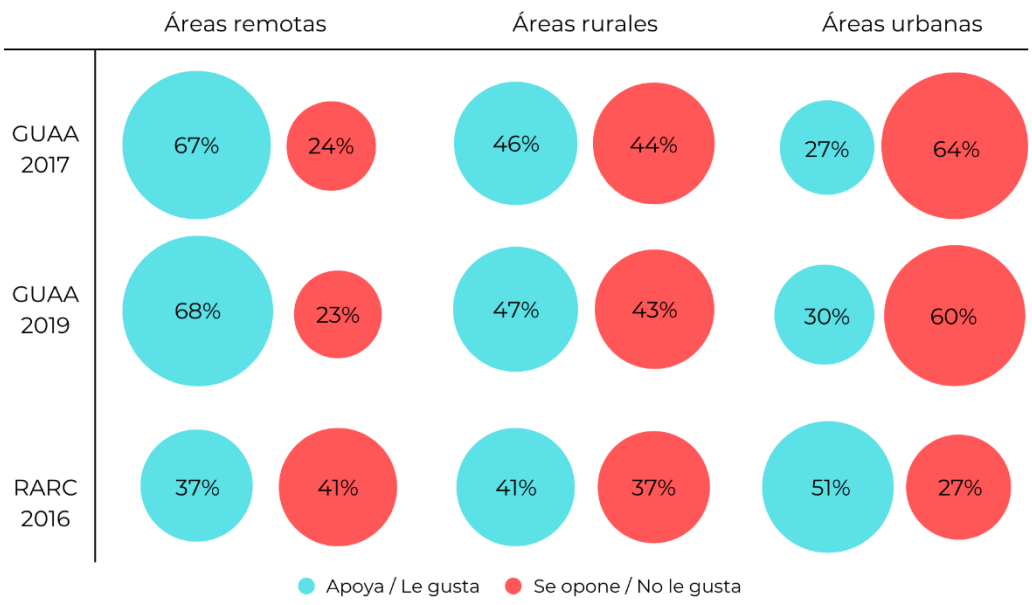


Figura 10.- Percepción de envío de paquetes con drones en Alemania y USA según el tipo de localización. Fuente: GUAA y RARC.

Se observa un claro conflicto entre la percepción según la localización en Alemania y USA, donde en el primero se percibe mejor en áreas remotas y peor en urbanas y en el segundo justo lo contrario. Además de observarse una tendencia alcista en los niveles de aceptación en 2019 frente a 2017 en el estudio de *GUAA*. Con los cambios de hábitos de compra del consumidor, se esperaría un cambio aún más positivo para este servicio en la actualidad (2022).

Con 1465 encuestados, en 2016, en torno al 44% le "gustaba" la idea del envío de paquetes con drones mientras que a un 34% "no le gustaba". Además un tercio catalogaría a las operaciones como "seguras" mientras que otro tercio no las catalogaría como tal y el tercio restante ni una ni otra. Otro aspecto relevante sería la diferencia entre los niveles de aceptación por parte de encuestados que ya habían escuchado o visto el concepto de *"drone delivery"* (75%) frente a encuestados que nunca lo habían hecho (24%) [14].

En el caso de la empresa *Manna*, el *CEO* y fundador *Bobby Healy*, afirma como la percepción ha ido cambiado positivamente por parte del público. Señala que el factor diferencial es principalmente el referente a la edad, y no tanto el demográfico. Afirma como antes de la pandemia, alrededor del 65% estarían dispuestos a tener enviados sus pedidos con drones frente a un 5-10% que no accedería a dicho servicio. Pero recientemente, después de la pandemia, sus encuestas a diferentes públicos que o bien han usado ya su servicio o no, ya cuentan con ratios mayores al 98% de personas que accederían a sus servicios, lo cual es un cambio significativo (cuestionario de *Manna* a 997 adultos en *Oranmore*). Entre sus mayores preocupaciones se encuentran el ruido (70%) la privacidad (20%) [23]. En el caso de

Wing, el porcentaje de gente que apoya su proyecto en las ciudades en las que opera, está cerca del 90%, y este fue un cuestionario por parte de *VirginiaTech* [14]. Los principales riegos se comentarán más adelante.

En línea con estos resultados se puede afirmar como las nuevas generaciones y personas que ya han visto/escuchado sobre este asunto aceptan en su mayoría, con porcentajes en torno al 90%, este tipo de servicio. Además, cabe destacar la clara influencia de la pandemia, gracias a la cual los hábitos de consumo han cambiado mucho. En resumen, se observa como la percepción cambia cuando experimentas el servicio de primera mano, y las ventajas y preocupaciones suelen ser las mismas. En el caso de las preocupaciones, en muchas ocasiones pueden simplemente ser refutadas con los datos que tenemos hoy por hoy.

3.3.2. Desafíos que presenta la regulación

En Estados Unidos, país pionero en regulación en la industria aeroespacial, todavía existen grandes retos y problemas para el desarrollo del mercado de transporte de mercancías con drones. La regulación es todavía muy joven. El comité de reglamentación de Aviación (*ARC*) formado por miembros de la industria de la aviación y de la *FAA* (organismo regulador en ámbito de aviación en Estados Unidos), se ha pronunciado en marzo del 2022 a favor de una regulación completamente nueva, que sustituya a la existente. Uno de los principales puntos son las operaciones ya definidas, *Beyond Visual Line of Sight* (*BVLOS*). En la actualidad la *FAA* requiere a los operadores de drones comerciales el operar únicamente los drones en la línea de visión visual (*Visual Line of Sight, VLOS*) definida como la distancia a la que un piloto de un *UAS* puede mantener un contacto visual con la aeronave y determinar su orientación sin más mejoras que lentes correctivos. Aunque existen excepciones para esta norma que se han otorgado a más de 4,000 *UAS*, principalmente con el objetivo de la investigación y desarrollo tecnológico, *ARC* no considera esta forma la más adecuada. Este comité expone recomendaciones que permitan el desarrollo de la industria evaluando el riesgo en cada caso particular de la posibilidad de operar bajo el *BVLOS*. Por otra parte, sugiere el que las operaciones *BVLOS* sean más accesibles para los operadores incluyéndolos como parte de las licencias de piloto remotas [24].

Otro aspecto es el de permitir operaciones con *UAS* de distintos operadores al mismo tiempo en un mismo espacio aéreo con un nivel alto de automatización y seguridad. Esto ya se está teniendo en cuenta, con el objetivo de ir por delante y prever las necesidades del mercado de los *UAS* comerciales. Como ya se ha resaltado, la regulación de *UAS* en Europa (*EASA*) se encuentra un paso por delante de la regulación en Estados Unidos (*FAA*). En 2018 se propuso un nuevo proyecto para la gestión del espacio

aéreo llamado *U-space*. El objetivo es el de conseguir que distintos operadores de *UAS* puedan coexistir y operar sin demasiada dificultad sus flotas de drones, especialmente en casos con una gran densidad de drones volando de forma autónoma. De esta forma ya se está regulando, pensando a futuro, donde las operaciones serán mucho más complejas con diferentes operadores sobrevolando una misma área. Esta gestión se podrá llevar a cabo de forma centralizada o descentralizada. En el primer caso serán los *USSP* (*U-space Service Providers*) los que se comuniquen directamente con los *CIS* (*Common Information Service Providers*) y en el segundo los diferentes *USSP* los que se podrán comunicar entre ellos, con una comunicación final al *CIS*. El espacio aéreo donde se aplicarán los servicios del *U-space* serán definidos por cada estado miembro perteneciente a la *EASA*. En el caso de España, se está desarrollando el espacio de aplicación y se aboga por la centralización de los servicios. Además, se están llevando a cabo diferentes iniciativas, para no quedarse atrás en la regulación en la aplicación de estas nuevas tecnologías. En el caso de Estados Unidos, actualmente se tiene un servicio de gestión *UTM,* pero algo limitado. Se está desarrollando este sistema con el objetivo de permitir un mayor nivel de complejidad y comunicación entre diferentes operadores al igual que las operaciones *BVLOS* [25].

Cabe por último destacar que las barreras de entrada para operar en diferentes países son otro problema importante. En este momento, cualquier certificación respecto a los *UAS* en Europa por la *EASA* no es reconocida en otros países como ocurre con otras certificaciones en la aviación comercial, como la *FAA*. Esto se debe a que la regulación en los *UAS* es muy reciente. La desventaja es la escalabilidad de los proyectos a otros países, pero es previsible que será resuelto en los próximos años.

Pese a que la regulación *BVLOS* ya esté en marcha, faltan muchos retos. Se necesita incentivar y hacer más económico y funcional estas aplicaciones, para que dejen de ser solo grandes proyectos y se conviertan en realidades. En algunos casos todavía se requieren observadores, que puede hacer muchos proyectos inviables. Algunas compañías como el caso de *Iris Automation* han conseguido la aprobación de la *FAA* para operaciones *BVLOS* gracias a equipos de vuelo autónomo como el *Casia I/X* [26].

3.3.3. Riesgos de percepción del consumidor

Se pueden poner en común los riesgos que presentan este tipo de negocios. Estos riesgos provienen tanto de las exigencias por parte de las autoridades regulatorias como de las preocupaciones de los habitantes. Aunque están altamente relacionadas las unas con las otras. Por ello a continuación se exponen los principales problemas y sus posibles soluciones.

Principales preocupaciones por parte del consumidor y las necesidades regulatorias

Seguridad	La seguridad depende tanto de los organismos reguladores como la *EASA* o *FAA* como de las compañías que operan los drones. En los más de 200,000 envíos de la compañía *Wing* y los más de 65,000 de *Manna*, sus drones no han sufrido ningún accidente (que se sepa). Aunque otras compañías como *Matternet* sí que han sufrido accidentes (aunque sin heridos) que han causado paros en la flota por varios meses. Además los drones pueden contar con un sistema de seguridad si algo fallara, como por ejemplo un paracaídas. Por último, hay que destacar cómo los drones comerciales y militares presentan una tasa de fallo de en torno a 1 por cada 1.000 vuelos (que no quiere decir un accidente). Es una tasa baja, aunque lejos de la encontrada en la aviación comercial de 1 por cada 100.000 [27]. Otra forma de aumentar la seguridad es mediante pruebas previas a cada vuelo para asegurarse de que el sistema esté funcionando adecuadamente. También es esencial la existencia de sistemas duplicados para tener una reserva en caso de fallo de algún componente, como por ejemplo un rotor. Todo esto junto a extensivas pruebas y testeo antes de lanzar el proyecto serían clave para el éxito regulatorio y una buena seguridad. También han existido casos en los que los *UAVs* han sido atacados por pájaros (un dron de *Wing*) aunque se desconoce si algún ataque ha provenido de humanos. Este, aunque un problema menor, es algo más complicado de prevenir y mitigar.
Privacidad	Los drones generalmente emplean una técnica de escaneo denominada *LiDAR* la cuál es de baja resolución, respetando así la privacidad. Otras técnicas como *RADAR* y *GPS* respetan también la privacidad. La única que podría presentar disputas serían las cámaras que varios drones tienen instaladas por cuestiones de seguridad. En el caso de la empresa *Wing*, las cámaras son de baja resolución y en blanco y negro. Solo sirven para ayudar a la navegación de los drones y las imágenes en vivo no son vistas ni por los pilotos que supervisan las operaciones, de acuerdo con información en su página web. Por lo que en el caso de que los drones monten cámaras, la

	empresa debe tener unas buenas prácticas y dar confianza al consumidor con las adecuadas campañas de marketing.
Contaminación acústica (Ruido)	Este es uno de los mayores problemas. El sonido que se puede recibir de un dron a 5 o 10 metros en términos de decibelios es el mismo que el de una conversación o un coche que pasa al lado de nuestra casa. El principal problema son las altas frecuencias del sonido, que son muy molestas para los humanos. Se deben optimizar el diseño de las hélices mediante su espesor y frecuencia de giro para conseguir el mínimo ruido posible y disminuir su frecuencia. Por ejemplo, el *DJI Mavic Pro Platinum* es un dron que emite un 40% menos de ruido (según *DJI)* respecto a sus versiones anteriores a la vez que reduce las frecuencias del sonido mediante el diseño optimizado de las hélices. La nueva versión de los drones de *Wing* ha conseguido también reducir su ruido un 50% según *Jesse Suskin* (asuntos de comunicación en Australia). Se esperan reducciones de ruido para los próximos años, al igual que está ocurriendo en la aviación comercial tradicional.
Hacks	Hackeos a los sistemas de los *UAVs* con malas intenciones también serían posibles. Los drones autónomos se comunican con la red también, por radio o WiFi. Desde optimizar el *Firmware* del *UAV* hasta emplear redes privadas virtuales (VPN) o redes LTE serían decisiones correctas para evitar este tipo de problemas (digi.com). Por ejemplo, en Letonia se condujo un vuelo autónomo gracias a la red *LTE* [28]. Con la llegada del *5G* se aumentarán las velocidades de transmisión de datos y se podrán escalar los proyectos conectando a más de 1.000 drones por sector [29].

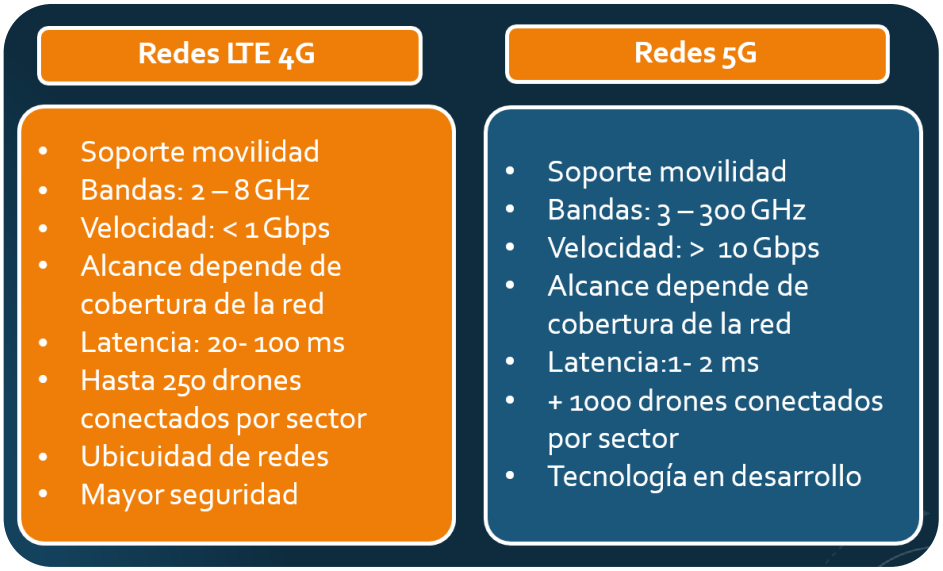


Figura 11.- Redes 4G y 5G para la comunicación con los drones. Fuente: [29].

Factor humano	Determinadas personas prefieren que sea una persona la que le lleve el paquete a su casa. Esta es una tendencia que poco a poco tiene menos fuerza por la obligación impuesta por muchos gobiernos a no salir de casa durante la pandemia. Esta ha cambiado hábitos de consumo de la gente que se ha habituado en mayor o menor medida a digitalizarse y desarrollar sus interacciones de forma online disminuyendo las interacciones humanas. Por otra parte, los procesos se están automatizando constantemente dado que es más eficiente y reduce costes a largo plazo. En cadenas de comida rápida como *McDonalds* ya cada vez hay más máquinas para que uno pida su comida sin interacción humana, y en el *McAuto* también se está desarrollando un robot que procese tu pedido de forma automática según *Business Insider.*

** Orden de mayor preocupación a menor basado en varios estudios mencionados anteriormente*

Tabla 3.- Riesgos por percepción del consumidor. Fuente: Diversas fuentes; Elaboración propia.

La mayoría de estos riesgos se pueden mitigar, pero esto haría aumentar los costes del proyecto en la mayoría de los casos. Por ejemplo, en cuanto a la seguridad, un mayor testeo de los drones y la duplicidad de equipos, daría lugar a un mayor coste y a un mayor peso en el dron que redundaría a su vez en un mayor consumo de las baterías. En cuanto al factor humano y la privacidad, los costes aumentarían debido al marketing necesario para convencer a la población de que el servicio respeta a la privacidad y tiene sus ventajas como el no tener que dejar propina entre otros.

4. Definición del proyecto en la Comunidad de Madrid

Se pretende estudiar la viabilidad de un proyecto con entrega de drones para el *Last-Mile-Delivery* en la Comunidad de Madrid (España). Para ello, se va a proponer una serie de opciones y parámetros como localizaciones, tipos de drones empleados o tipo de carga transportada. Se irán definiendo los diferentes conceptos y factores a tener en cuenta a lo largo de este trabajo. Estos parámetros se escogerán según diferentes puntos de vista: económico, regulatorio y de responsabilidad social.

4.1. Descripción del proyecto

El objetivo del proyecto es el de que una aerolínea de drones ofrezca un servicio de logística a diferentes comercios y empresas que opten a ello, similar a otras compañías como *Glovo* o incluso *MRW* y *Correos*. Esta empresa estará enfocada principalmente al envío de comida a domicilio, aunque también podrá envía otros tipos de productos como ropa o productos de tecnología, que tengan un bajo peso (<2 kg).

Se ha observado como el proceso para cumplir el marco regulatorio es largo y caro. Por ello lo ideal sería el contar con compañías como *Manna* y *Wing* que ya poseen amplia experiencia. De esta manera, los costes serían mucho menores, porque ya disponen de un software requerido para los drones autónomos que ha sido testado. También se contaría con un proceso de producción de drones a cierta escala y la experiencia que lograría reducir la dificultad regulatoria que requieren estos proyectos tan novedosos. Se distinguen 2 opciones:

1) Opción en la que *Wing/Manna* u otra compañía similar directamente opera en Madrid como lo hace en otras de sus localizaciones.
2) Opción en la que se crea una nueva compañía que subcontrata a otra/s compañía el equipamiento necesario para operar. Esto serían drones autónomos, cargadores y equipos de seguimiento de los drones entre otros. Esta compañía contaría ya con una experiencia, siendo algo más sencilla la aprobación por parte de las autoridades regulatorias.

Compañías como *Manna* o *Wing* (opción 1) cuentan con una integración vertical en cuanto a que producen y desarrollan sus propios drones además de que proporcionan el servicio final de envío de mercancías a las diferentes compañías. En el futuro esto podrán aparecer también compañías más segmentadas (opción 2). Unas estarían más enfocadas al desarrollo de los drones y el software. Otras comprarían los drones autónomos a las anteriores y desarrollarían las operaciones donde ellos considerasen oportuno. Este último ejemplo de envíos está más desarrollado para otro tipo de

actividades como inspecciones o para la industria cinematográfica, pero todavía no ha llegado a gran escala al mundo del *drone delivery*. El objetivo de este trabajo es estudiar la segunda opción, por ello es a la que se enfocará.

La intención del proyecto es la de instalar diferentes *hubs* logísticos con drones en torno a centros comerciales, de modo que todos los comercios existentes en los mismos puedan contratar el servicio para enviar sus paquetes. Este modelo de negocio es el que emplea *Wing* en alguna de sus localizaciones.

La posibilidad de "descentralizar" el sistema es algo que no se estudiará por tener una mayor complejidad, pero es obvia. Es decir, el que un restaurante cualquiera pueda solicitar un dron para que vuele hasta su comercio (o despegue desde el mismo), recoja el paquete y lo envíe al cliente final. Esto seguramente sea algo posible en el futuro. Pero por ahora, se fijarán ciertas zonas con una alta concentración de comercios para realizar los envíos de forma centralizada desde estas.

El objetivo es que, desde que el producto esté ya preparado por el comercio hasta que lo recibe el cliente, no deben pasar más de 10 minutos (se demostrará con cálculos posteriores). Los pedidos se realizarán a través de una *App* exclusiva donde se tendrán que dar de alta los comercios. Este servicio sería compatible con otras plataformas de envío con las que ya cuente el comercio. Se aplicará una tarifa fija por cada envío a los comercios, que se definirá más adelante.

El área de envíos estará restringida a una zona en la que los drones puedan dejar su paquete en la propiedad del cliente, es decir, principalmente a casas unifamiliares con jardín. Aunque también se extenderá a otros espacios donde el dron pueda depositar su paquete de forma segura, como lo serían urbanizaciones, que podría requerir autorizaciones. En el caso de la empresa *Manna*, los puntos en los que se reciben los paquetes son zonas de fácil acceso, tanto en la propiedad como en una zona segura al lado de la propiedad. En el caso de *Wing*, los productos se reciben dentro de la propiedad. El poder enviar paquetes dentro y al lado de la propiedad es mucho más atractivo, pues se podría acceder tanto viviendas unifamiliares como a algunas urbanizaciones con espacio suficiente. La franja horaria en la que se podrá pedir mediante el servicio será entre las 10:30 y las 23:30. Aunque en un futuro el objetivo que se pudiese operar durante prácticamente todo el día, desde las 9:00 hasta las 00:00. Se han tomado estas horas debido a que la demanda de este tipo de servicio por las mañanas no es tan alto en el sector de comida a domicilio como se explicará a continuación.

La mercancía que se llevará con los drones no podrá sobrepasar los 2 kg, ya expuesto en las características técnicas del dron que se empleará. Esta podrá ser comida recién hecha (será lo

principal), productos de tecnología, prendas de vestir... u otros productos que ofrezcan los comercios. Debido a que el envío de la comida a domicilio está reducido a unas horas concretas, la demanda para el envío de drones sería prácticamente nula en ciertas franjas horarias. Además, según un report elaborado por *Just Eat*, en 2021, el 62% de sus pedidos eran cenas y el 25% comidas, restringidos a únicamente 6 horas del día [30].

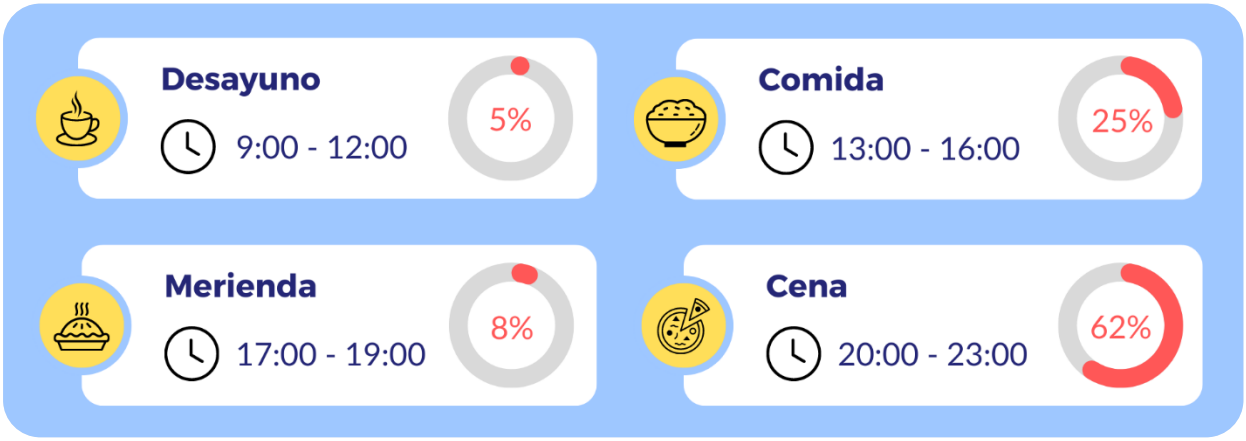


Figura 12.- Franjas de mayor demanda de comida a domicilio. Fuente: Just Eat; Elaboración propia.

Por ello, este servicio no puede estar únicamente limitado al servicio de comida a domicilio, pues los drones no se estarían rentabilizando adecuadamente. Además, en función de la demanda, otros comercios de venta online podrían dejar sus productos en un centro dedicado instalado en el centro comercial para ello (similar al servicio de *Amazon Locker*). Desde ahí los drones podrán realizar el *Last-Mile-Delivery* hasta la zona de interés, siempre y cuando sea abarcada por los drones. De esta forma, se daría acceso a diferentes comercios para efectuar envíos rápidos.

A raíz de los proyectos llevados a cabo por *Wing* y *Manna* entre otros, es posible que este tipo de proyectos donde comercios subcontraten el envío con drones que ofrecen compañías especializadas, supongan que los pequeños comercios tengan una mayor capacidad para competir frente a los gigantes del comercio online.

4.2. Localización geográfica

Como todo negocio, la situación geográfica es clave a la hora de desarrollar un proyecto, y quizás más relevante cuando se trata de un proyecto logístico. Uno de los factores imprescindible por estudiar es la renta. En la Comunidad de Madrid, existen varias zonas de interés donde la renta de los habitantes está en torno al percentil 1% de toda España. Además, estas son zonas con casas individuales donde los

drones podrían acceder sin problema alguno. Por el momento, se considera el envío a casas individuales donde el dron deje el paquete en una zona de la casa del propietario y también, como hacen ya compañías como *Manna*, viviendas donde sea posible pedir que tu dron te deje el paquete en una zona cercana a tu vivienda, sin tener ésta que pertenecerte. Un ejemplo de esto último puede ser el de urbanizaciones con grandes zonas comunes y abiertas.

Para escoger una adecuada localización, se van a exponer diferentes factores a tener en cuenta. Según un estudio realizado con una muestra de 2.900 personas en España, cuanto mayor es la renta de una persona, mayor será la probabilidad de que esta compre online [31].

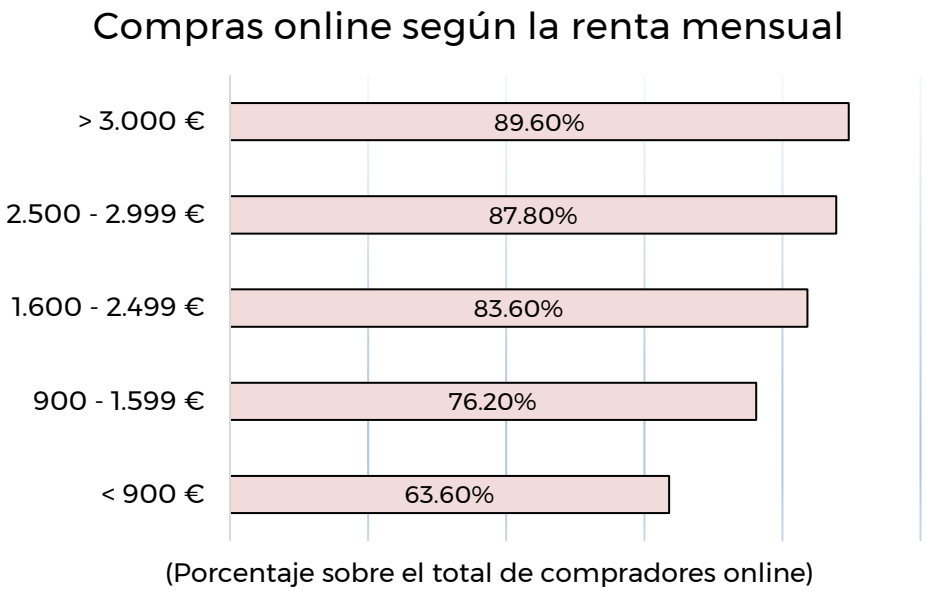


Figura 13.- Compras online según renta. Fuente: Compras online en España. Edición 2021. ONTSI.

Pese a que existen muchas otras variables que puedan influir en el gasto online de una persona y los comportamientos de compra de personas que cobran más pueden ser diferentes (pueden disponer de gente que vaya a comprar por ellos) es una realidad que en zonas de renta no desorbitadas de 1.600 – 3.000€ el gasto es mayor que en zonas con rentas bajas de menos de 900€. Este comportamiento es similar con el nivel de estudios. Con estudios superiores compra un 85,6% mientras que únicamente el 59,8% de las personas con educación primaria o inferior lo hacen.

Además de esta clara tendencia hacia las compras online, centrándonos en el gasto en comida en restaurantes, de media en 2018 cada español destinaba unos 1.859€ en la restauración. Esto es un 10% de nuestro presupuesto. Pero en la Comunidad de Madrid este gasto ascendía hasta 2.378€, casi un 30% más. Además, el gasto en cadenas de restauración, que suelen emplear más el servicio de *delivery*

se situaba en 248€ al año en Madrid respecto a la media de 183€ en España (un 35,5% más). Por tanto, la Comunidad de Madrid es un buen lugar para localizar un negocio de estas características en compasión con otras zonas de España. Estos datos fueron analizados gracias al análisis de *Fintonic* sobre más de 100.000 usuarios.

La capacidad de compra y la localización, restringe el mercado, más si cabe al estar tratando de un concepto novedoso en España que incurriría costes adicionales de envío (o una suscripción que se tratará más adelante) al estar tratando de envíos muy rápidos y con equipos de drones. Tras la pandemia, en 2021 el *E-commerce* cayó respecto del 2020 de media un 17,48%, pero varios sectores se mantuvieron fuertes como *food delivery* entre otros [1].
Por ello, se han escogido 3 zonas donde la renta mediana, en la mayoría de los casos se encuentra en el percentil 1%, según los datos de la renta de 2018 proporcionado por el *INE* [32].

Otros aspectos importantes son la precipitación y el viento, algo que inevitablemente pueda suponer que las operaciones tengan que ser paralizadas. Por lo general, los drones pueden funcionar bajo la lluvia y con viento no demasiado fuerte, de entorno 30 km/h hasta 54 km/h como máximo según los datos recopilados de varios drones del sector. Pero bajo lluvia fuerte, las compañías actualmente prefieren no operar por razones de seguridad.

Por último, es esencial una alta densidad de población y agrupada y joven, ya que se ha visto como este tipo de consumidor es más propenso a solicitar y aceptar un envío por dron. Además según *Just Eat*, el 91% de sus clientes se encuentra entre 18 y 53 años. En España la mayor parte de las viviendas son pisos, al contrario de lo que ocurre en países como Estados Unidos, Australia o Irlanda donde *Wing* y *Manna* operan. La limitación en nuestro país es evidente.

Con los factores expuestos anteriormente, las zonas con mayor interés son la zona oeste de Madrid (Pozuelo/Majadahonda/Boadilla del Monte/Las Rozas) y en La Moraleja (Alcobendas) donde predominan las viviendas unifamiliares, con familias de alto poder adquisitivo. Por otra parte, es importante la localización del centro comercial desde el cual se vayan a llevar las operaciones, porque los comercios, bien sean restaurantes u otros, tendrán un acceso fácil. Cuanto mayor es la oferta, un cliente tendrá más opciones y sería más probable que realizará un pedido. Se han decidido estudiar 3 zonas:

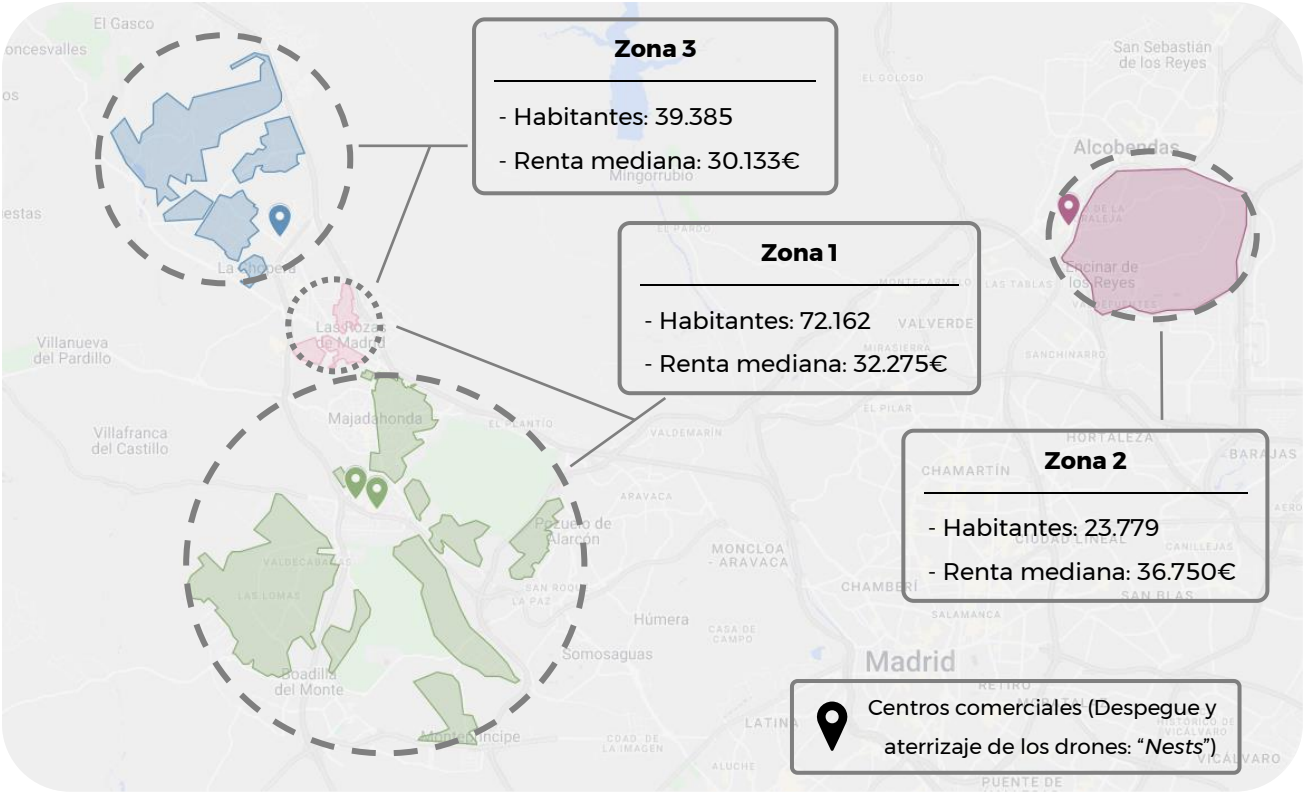


Figura 14.- Zonas de operación objetivo. Fuente: Elaboración propia.

Se distinguen 3 zonas, con la población aproximada que podría acceder al servicio, determinada a partir del censo del Instituto Nacional de Estadística (*INE*) del año 2019. Se ha efectuado un análisis estimado (puede contener error) sobre los habitantes, su edad media y otras variables consideradas en las zonas de interés. En total, se estiman 135.326 habitantes. Estas zonas a su vez se dividen en distritos, en los cuales se ha podido acceder a información como la edad de sus habitantes y su renta mediana.

Cabe destacar que en estas zonas, al haber aeródromos cercanos, todas las operaciones se deben de consultar y coordinar con los aeródromos correspondientes. Esto no es especial de estas zonas, pues en prácticamente toda la Comunidad de Madrid, se necesitaría de una coordinación con el aeródromo o autoridad correspondiente para volar tu dron de manera legal:

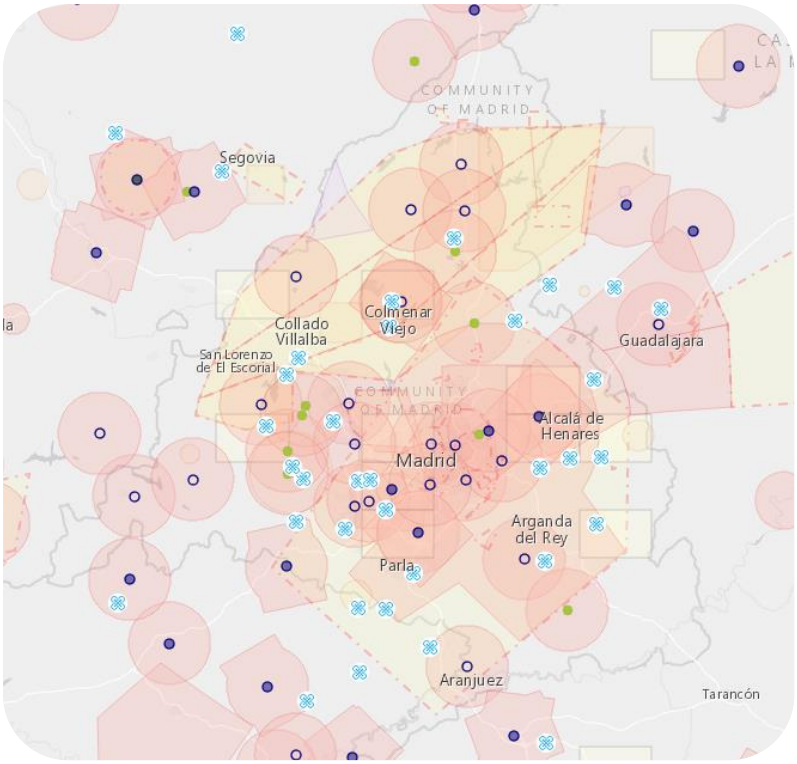


Figura 15.- Restricciones a los vuelos de RPAS (UAS) en la Comunidad de Madrid. Fuente: Enaire.

Como se ha resaltado, se observa un espacio aéreo bastante restringido en la comunidad de Madrid. Las tres zonas mencionadas, se van a comparar también con otras magnitudes en las localizaciones de Balbriggan (operaciones de *Manna*) y Canberra (una de las localizaciones donde *Wing* opera):

	Días de lluvia al año	Mayor velocidad diaria promedio (km/h)	Densidad de clientes ($Clientes\ Potenciales/km^2$)	Edad Media	Percentil de renta en su País
Balbriggan	117.0	28.3	4516.0	30.8	1-5%
Canberra (Suburbios de *Kaleen y Giralang*)	75.0	11.2	3277.0	34.0	-
Majadahonda	55.8	14.0	5152.8	40.7	1-5%
Las Rozas	56.2	13.5	1941.7	39.5	1-5%
Pozuelo de Alarcon	55.3	13.5	1364.5	41.4	1-5%
Alcobendas (La Moraleja)	56.7	14.2	1657.5	40.9	1-5%
Boadilla del monte	54.3	13.5	1438.0	37.5	1-5%

Tabla 4.- Comparación de diferentes factores en diferentes localizaciones. Fuente: INE (España); CSO (Irlanda); ABS (Australia), WeatherSpark; Wikipedia.

Claramente, en Irlanda y Australia, cuentan con ventaja respecto a la densidad de población. Por otra parte, pese a que los salarios son más altos en esos países, el nivel de renta comparado con la media nacional de cada país se sitúa en todos los casos en torno al percentil más alto del 1-5%. En cuanto al viento, el único municipio algo más desfavorecido es Balbriggan, aunque normalmente los drones son capaces de aguantar esos niveles de viento. Por último, en las zonas de la Comunidad de Madrid, se cuenta con ventaja con respecto a los días lluviosos, por lo que las paradas en el servicio serán menores. Por tanto, en España se cuentan con factores positivos como el tiempo, y algo no tan positivo como menores densidades de población y una población más envejecida, comparado con algunas zonas en las que actualmente está funcionando el *drone delivery*.

Puesta en contexto la situación, ahora se van a comparar las diferentes localizaciones en la Comunidad de Madrid donde se van a situar los *hubs* de operaciones. Los datos empleados son a partir de las viviendas potenciales que se han considerado en cada una de las zonas, extraídos de diferentes fuentes. Se ha efectuado un análisis para determinar cuál sería el lugar más adecuado:

	Zona 1	**Zona 2**	**Zona 3**	**Totales**
Renta mediana disponible per cápita **INE, 2018**	32.178€	36.750€	30.133€	32.386€
Habitantes	72.162	23.779	39.385	135.326
$\frac{\textit{Público objetivo}}{\textit{Habitantes totales}}$ (%) [1]	47,32%	46,60%	47,31%	47,19%

Figura 16.- Mapa de la renta (Abril, 2021). Fuente: El País; INE.

En todas ellas se estima un público objetivo similar, aunque la renta disponible es mayor en la Zona 2 (un 13,86% que la Zona 1 y un 21,96% que la Zona 3) [1]. Otros factores como las condiciones meteorológicas o edad media de la población son muy similares. Además, en las Zonas 1 y 3 todavía existe bastante terreno sin edificar, por lo que en un futuro sería bastante atractivo si en esa zona se construyeran nuevas viviendas.

Uno de los aspectos más importantes es el que respecta a la población residente en pisos. En las Zonas 1 y 3 se cuentan con más zonas concurridas en cuanto a autovías y población en algunos casos que reside pisos, no viviendas individuales. Aunque se ha tratado de evitar y no contar generalmente con este tipo

[1] Se ha estimado el "público potencial" como 20% por debajo de 19 años, el 90% de los habitantes entre 20 y 49 años, el 30% entre 50 y 64 años y el 10% para la población de más de 64 años.

de viviendas más difícilmente accesibles. Únicamente se ha contado con algunas urbanizaciones donde el acceso por parte de los drones sería sencillo.

En todo caso, es ya una realidad que compañías como *Manna* no reparten directamente a tu propia casa sino que lo hacen en una zona despejada y cercana a la misma. Es posible que en un futuro, pisos en urbanizaciones con zonas despejadas puedan recibir sus pedidos con drones. De ahí que se haya decidido escoger algunas urbanizaciones y no solo viviendas individuales.

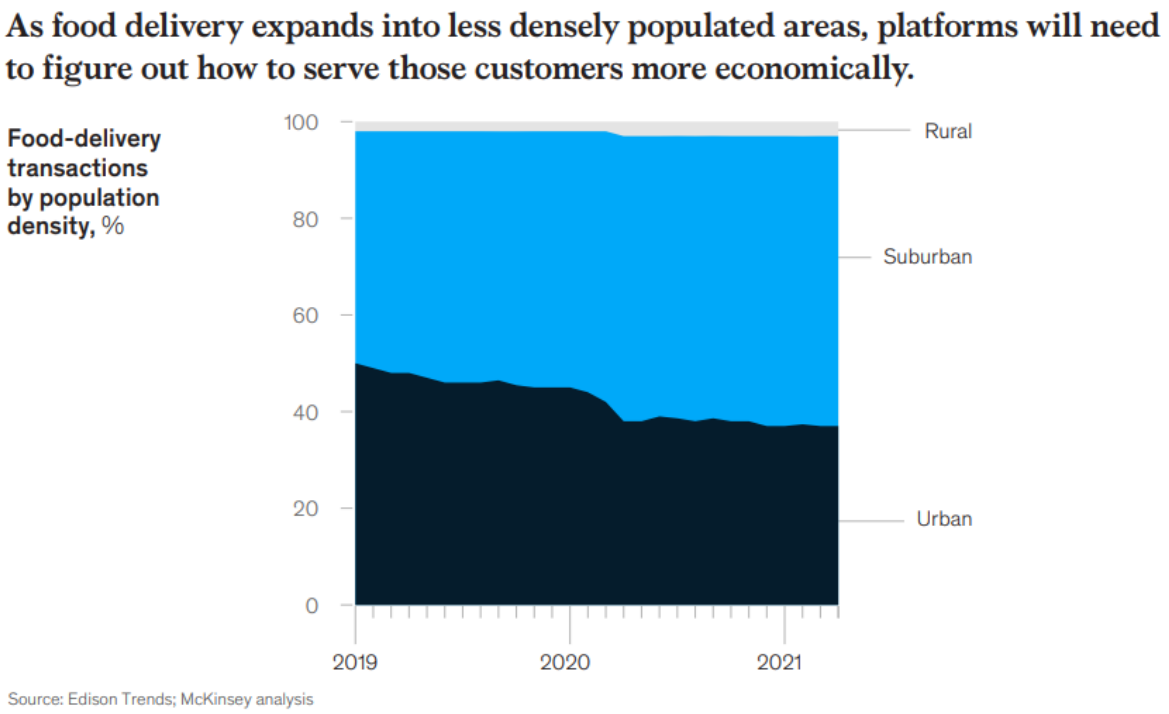


Figura 17.- Entregas de comida a domicilio según la densidad de población. Fuente: Edison Trends; McKinsey.

Por otra parte, según el análisis de *McKinsey*, son las zonas suburbanas (y rurales) las que están aumentando su cuota de mercado en cuanto a pedidos de comida a domicilio. En cuanto a este aspecto es positiva la elección de estas zonas de entrega.

Para cada una de las 3 zonas definidas, existirá un *hub* ubicado cada uno en un centro comercial cercano. La elección de estos centros comerciales se ha efectuado pensando principalmente en la localización más cercana para acceder a los clientes destinatarios y también el mayor número posible de comercios a los que se pudiera proporcionar el servicio.

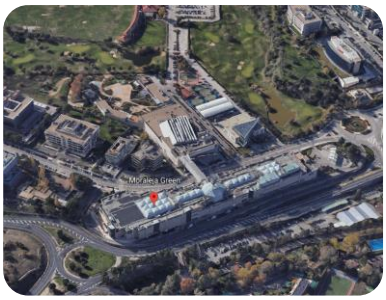
Equinoccio y Centro Comercial Centro Oeste (Zona 1)	La Moraleja Green (Zona 2)	Heron City (Zona 3)
12 restaurantes y 20 tiendas 8 restaurantes y 57 tiendas	17 restaurantes y 62 tiendas	23 restaurantes y 5 tiendas
 		
En la categoría de restaurantes se incluyen todo tipo de comercios dedicados a la venta de bebidas y comida		

Tabla 5.- Hubs (Centros comerciales) *en cada zona de estudio. Fuente: Elaboración propia.*

Si se lleva a cabo un mapeo de las zonas de interés, junto a los hubs, resultaría en:

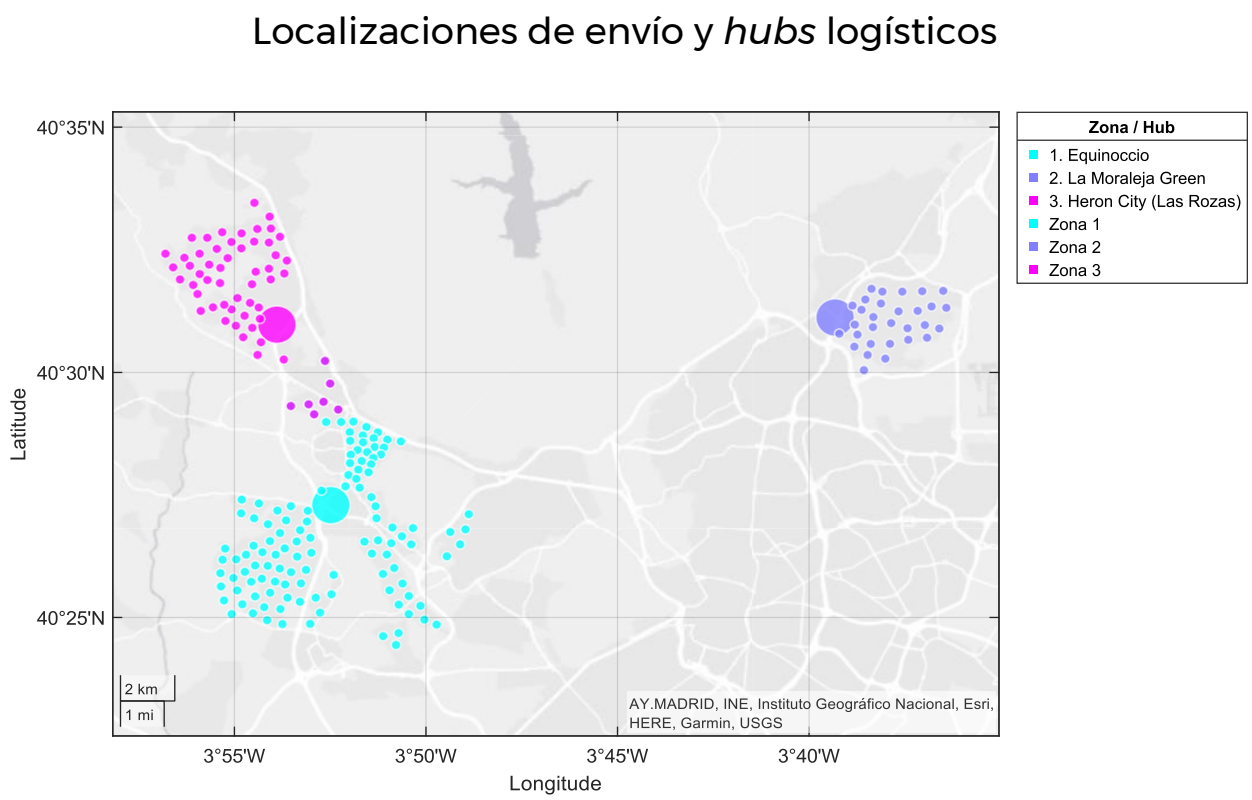


Figura 18.- Mapa de las zonas de envío y hubs. Fuente: Elaboración propia.

Las distancias máximas en un viaje de ida que tendría que recorrer un dron en línea recta se encuentran en torno a 6 km mientras que las distancias medias en torno a 3 km. Esto se detallará más adelante.

4.2.1. Niveles de ruido. Elección de los puntos de despegue/aterrizaje de los drones

Escogidos los centros comerciales, el siguiente paso será el escoger la localización de los "*Nests*" (zonas de despegue y aterrizaje de los drones). Esta es la elección bastante crítica, pues el ruido o contaminación acústica son de los factores más importantes que pueden hacer que el proyecto no sea homologado o bien recibido por el público. En las alturas de crucero, no habría ningún problema, pues las alturas serán suficientes para que el sonido sea prácticamente imperceptible. Pero en el despegue y aterrizaje, en alturas no suficientemente altas, por lo que se deben elegir lugares suficientemente alejados de las zonas más concurridas en el centro comercial.

Es complicado evaluar lo que una persona considera como un ruido molesto, y hay que adaptarse al cumplimiento de la normativa. Además de la intensidad del ruido (medida en decibelios, dB) es importante la frecuencia de dicho sonido (medida en Hz). Cuanto mayor es la frecuencia, más molesto

suele ser el sonido para el humano. Los drones comerciales son sustancialmente menos ruidosos que los drones para aficionados. Estos generalmente tienen unas hélices algo más grandes de forma que puedan generar la misma potencia que una hélice más pequeña girando a menores revoluciones por minuto, es decir menor frecuencia. Drones como el de *Manna* tienen esto en cuenta y emplean rotores de 762 milímetros, bastante más grandes que los de otros drones como el *DJI Matrice 600* de 533 mm.

En cuanto a la regulación por parte de la *EASA* en la categoría específica (“*Specific category”)* no existen límites de los niveles de ruido emitidos. Simplemente se pide al operador que desarrolle unas pautas para sus pilotos remotos de forma que todas las operaciones se realicen de manera que se minimicen las molestias a animales y personas. Por ello, quedará en manos del operador definir un límite razonable, de forma que es posible que la aprobación del proyecto por parte de la *EASA* sea altamente probable en cuanto a este aspecto [33].

Los niveles inasumibles de ruido pueden situarse en torno a los 85 dB. En ambientes urbanos, el nivel de ruido suele encontrase alrededor de 55 dB durante el día. Drones como el *Vanguard* (MTOM = 9,5 kg) son capaces de permanecer en el rango de 60 dB a 10 metros de distancia. Pese a que debido a las altas frecuencias del sonido emitido por los drones se pueda percibir incluso a niveles de decibelios normales, se considerará el valor de 60 dB como aceptable y no demasiado molesto. Este sonido, aunque para los drones de mayor frecuencia, sería el equivalente a la existencia de algo de tráfico en los alrededores, o el equivalente a sonido de música de fondo o una conversación en un restaurante. En este caso, se impondrá un límite de ~60 dB, que deberá no ser superado.

Para el análisis, se han tomado datos de diferentes drones, tanto de mediciones profesionales como por el consumidor medio. Los drones se encuentran todos en el rango de 4-9,5 kg. Algunos son de uso comercial, aunque otros son de uso particular. Se puede efectuar un análisis aproximado mediante la siguiente fórmula [34]:

$$L_2 - L_1 = \log \frac{d_2}{d_1} \tag{1}$$

Donde L_2 y L_1 son el nivel de presión sonora (*sound pressure level*, SPL en adelante) en la localización buscada y en la localización conocida. Por otro lado d_1 y d_2 son las distancias desde la fuente hasta la ubicación del nivel de presión sonora conocido y la distancia desde la fuente hasta la otra ubicación donde se quiere conocer el nivel de presión sonora, respectivamente.

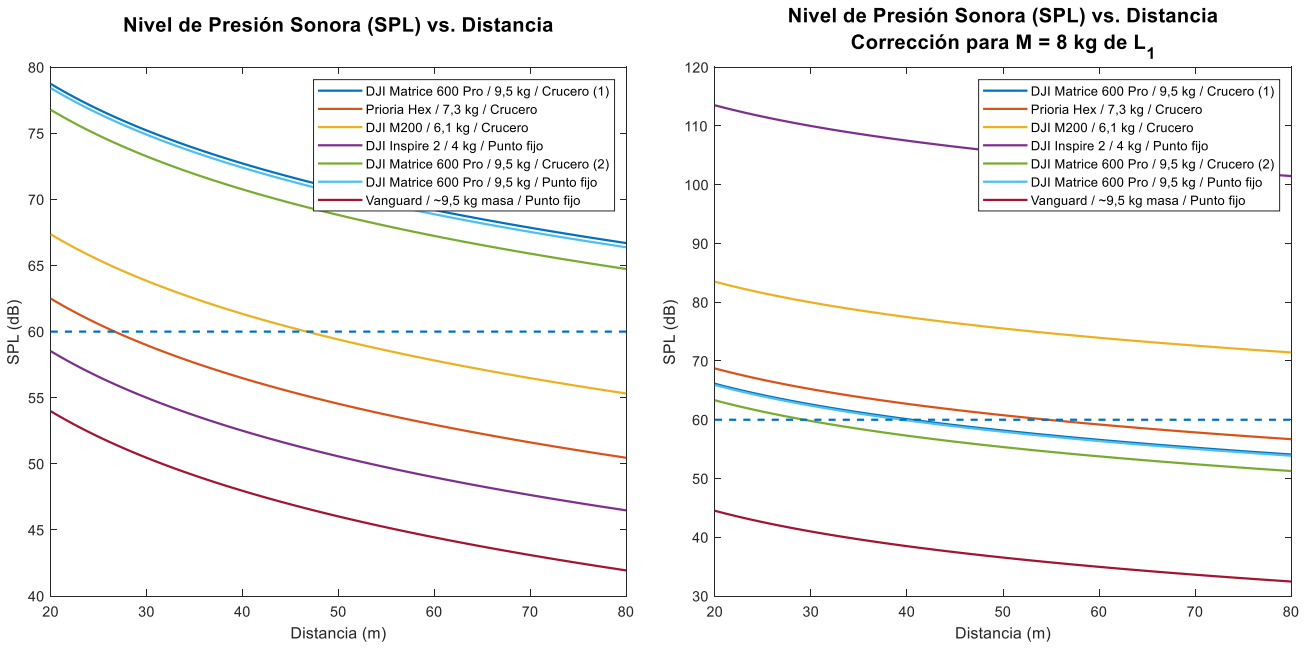


Figura 19.- Nivel de Presión Sonora para distintos drones vs. Distancia. Fuente: Paper [35]; Blog; Vídeo.

Se observan grandes diferencias del *SPL* en función de la masa y del dron. Existen muchas variables en juego, desde el tipo de rotores hasta el entorno en el que se realizan las mediciones. Efectuando un análisis sencillo, teniendo en cuenta que el nivel de presión sonora es proporcional al peso, se observa un comportamiento similar tanto del *DJI Matrice 600 Pro* como del *Prioria Hex*. Otros o bien emiten mucho ruido como el *DJI Inspire 2* o muy poco como el *Vanguard*. Aunque este último dato procede directamente del fabricante, por lo que puede ser algo optimista.

Según este análisis simplificado, obviando los drones que se encuentran muy por encima o muy por debajo de los comportamientos del *DJI Matrice 600 Pro / Priora Hex*, se puede estimar que los niveles de ruido asumibles son para distancias de unos ~50 metros. Por ello, los *Nests* (zonas de despegue/aterrizaje de los drones) se deberán de situar a unas distancias de ese mismo orden, evitando así niveles de ruido excesivos que puedan provocar rechazo por parte de los visitantes de los centros comerciales.

Según el centro comercial, las localizaciones, entre otras posibilidades podrían quedar de la siguiente forma:

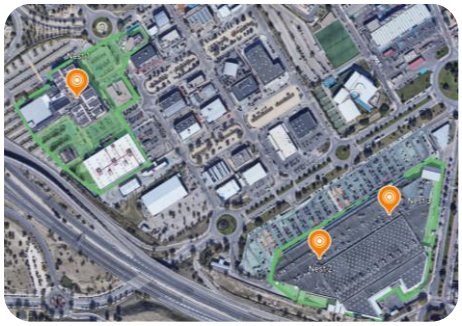
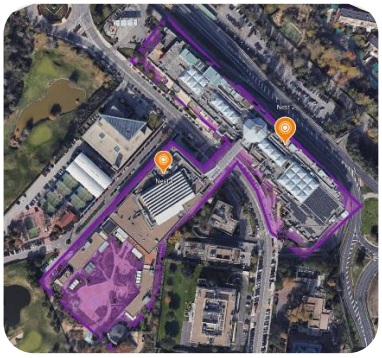
Equinoccio y Centro Comercial Centro Oeste (Zona 1)	**La Moraleja Green (Zona 2)**	**Heron City (Zona 3)**
		
Todos los restaurantes y comercios se encontrarían a 140 metros (Equinoccio) y a 100 metros (C.C. Centro Oeste) a la redonda de los *Nests* sin contar con la elevación	Todos los restaurantes y comercios se encontrarían a 160 metros a la redonda de los *Nests*	Todos los restaurantes y comercios se encontrarían a 140 metros a la redonda del *Nest* sin contar con la elevación
Los *Nests* se encuentran en todo momento a más de 45 metros de las zonas peatonales adyacentes.	Los *Nests* se encuentran en todo momento a más de 50 metros de la zona abierta del centro comercial y, en el caso de uno de ellos, a 30 metros de un edificio de oficinas, el cual se ha considerado una excepción, al no ser un espacio abierto de mucho tránsito.	El *Nest* se encuentra en todo momento a más de 50 metros de la zona abierta del centro comercial y edificios adyacentes
Altura de los *Nests*: ~18/7,5/7,5 metros	Altura de los *Nests*: ~15 metros	Altura de los *Nests*: ~13 metros
Nests (puntos de despegue y aterrizaje de los drones)		

Tabla 6.- Localización de los Nests en los centros comerciales. Fuente: Google Maps; Elaboración Propia.

En cada uno de los *Nests*, en el caso de que haya más de uno en un centro comercial, se podrá aterrizar y despegar los drones. Resaltar que esta elección de los *Nests* no es definitiva y en el futuro, se trataría de ir evolucionando hacia un modelo con *Nests* repartidos por todo el centro comercial, de forma que los tiempos desde los comercios hasta los *Nests* sea mínimo. Esto solo será posible con disminuciones en el ruido emitido por los drones.

4.3. Envío y recepción de los paquetes. Logística.

El envío y la recepción de los paquetes es una elección no menos importante que la localización geográfica. Actualmente, ya no solo tienes la opción de envío a domicilio o recogida en tienda, si no que las taquillas de recogida (también llamadas *lockers*) u otros puntos de recogida, están creciendo rápidamente. En 2017 Amazon comienza a introducir *lockers* por el país, comenzando con 120 sobre todo ubicadas en gasolineras.

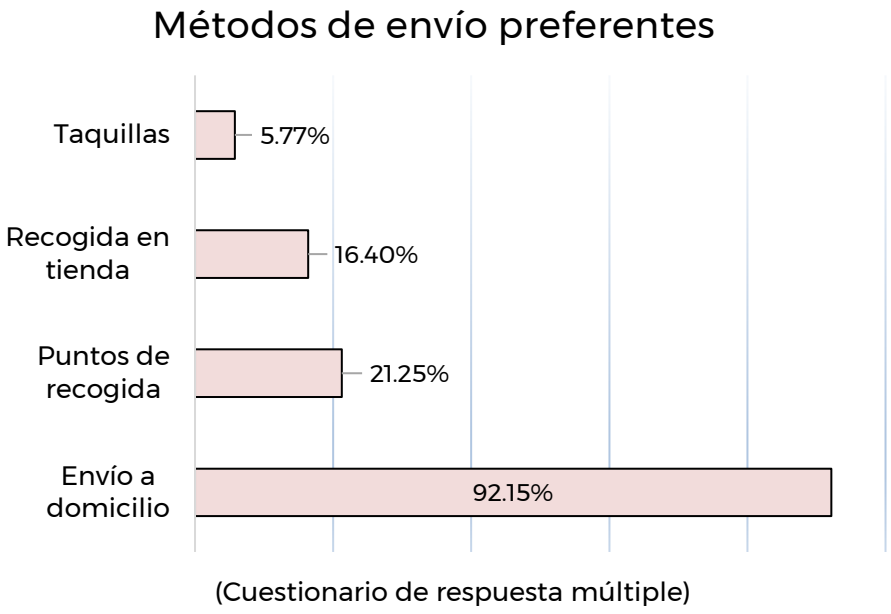


Figura 20.- Métodos de envío preferentes según un cuestionario de respuesta múltiple. Fuente: Estudio Anual de Conversión en Negocios Digitales (Flat 101) [1].

El objetivo de un proyecto de estas características es buscar la forma más eficiente del transporte de último kilómetro, pero también tener en cuenta las preferencias de los clientes y satisfacer sus necesidades. Debido a que principalmente se enfocará en envío de comida, el método de envío que se empleará será únicamente a domicilio. Aunque a futuro, podrá existir una posibilidad de instalación de diferentes puntos de recogida repartidos por el centro comercial o algunos lugares de destino, ya que se observa cómo un 20% podría hacer uso de ellos, en el caso de que el producto no sea comida, sino ropa o un producto tecnológico por ejemplo.

El dron partirá de su "*nest*" localizado en el techo de un centro comercial, llegará a la parcela del consumidor para dejar el pedido y posteriormente volverá sin carga de pago. En una aplicación futura podría ser viable la implementación de devoluciones de productos de los clientes con el dron para utilizarlo en el viaje de regreso y por tanto aumentar la rentabilidad de este. Pero esto queda

descartado por requerir una mayor complejidad tanto regulatoria (problemas de ruido y seguridad) como seguridad para el cliente.

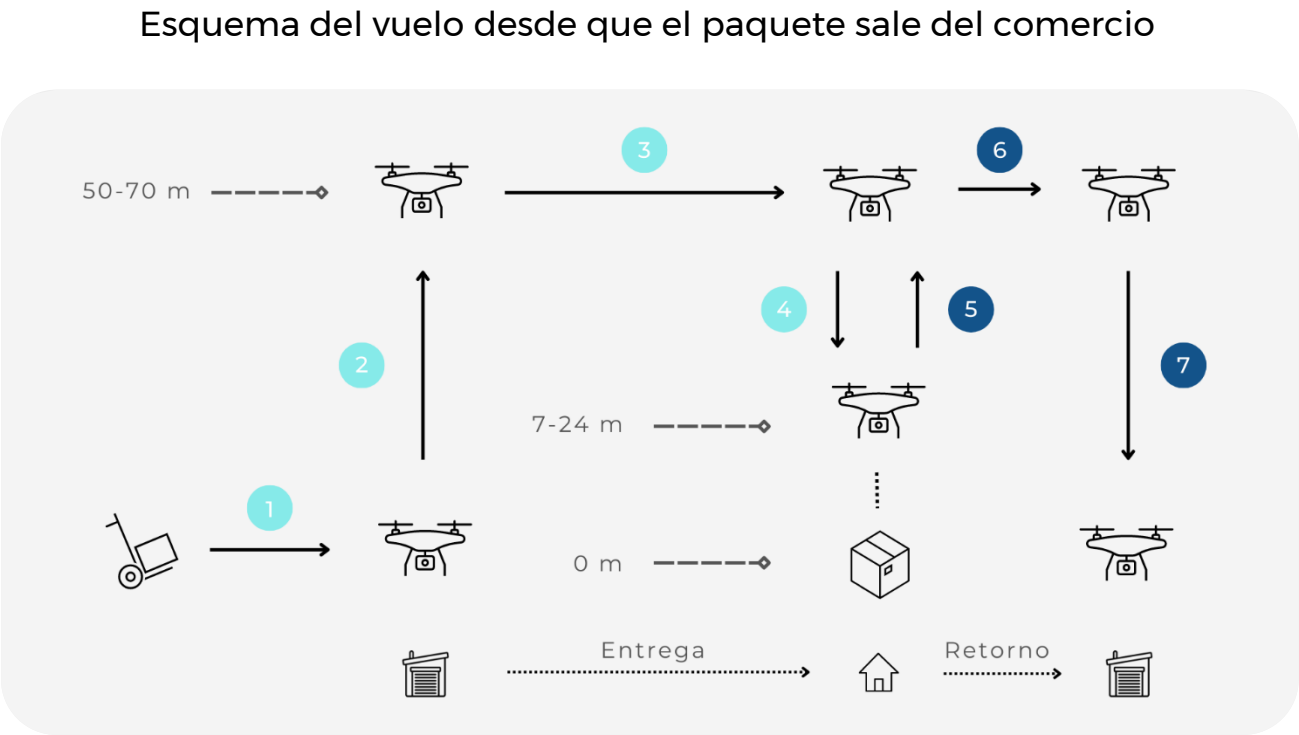


Figura 21.- Esquema logístico de la entrega de un pedido. Fuente: Elaboración propia.

VIAJE DE IDA

1.- Transporte desde el comercio hasta el dron. Antes de que llegue el paquete, el dron despegará para situarse a 15 metros de altura sobre el techo del centro comercial y permanecer 15 segundos realizando comprobaciones de los sistemas para que todo esté correcto y listo para el vuelo.

2.- Despegue y ascenso hasta la altura de crucero de 50-70 metros respecto de la altura del centro comercial

3.- Vuelo de crucero de ida (con carga de pago) ajustando la velocidad (80-100 km/h) para lograr llegar en menos de 5 minutos al destino

4.- Descenso del dron hasta cierta altura (7-24 metros dependiendo de la precisión requerida en la zona en la que se desea dejar el paquete) y posterior *drop* del paquete en la zona prevista para ello

VIAJE DE VUELTA

5.- Ascenso a hasta la altura de crucero

6.- Vuelo de vuelta (sin carga de pago) ajustando la velocidad de crucero dependiendo de la

disponibilidad de drones en dicho momento. Se iniciará un descenso progresivo hasta que se llegue al centro comercial donde se llegará habiéndose situado a la altura de crucero pero esta vez respecto del suelo. El objetivo será el de ahorrar tiempo de vuelo [2].

7.- Aterrizaje del dron en su *Nest*. En este caso el dron descenderá de la altura de crucero (respecto del suelo) a la altura del techo del centro comercial.

Este proceso será llevado a cabo de la misma manera siempre y de forma autónoma desde el punto 2 hasta el punto 7. Las alturas de crucero y de descenso del paquete están basadas en las empleadas en *Wing*, *Manna* y *Flytrex*. El paso 1 será llevado a cabo por el personal del comercio al que se le pide el paquete y el personal de la compañía de drones. El personal del comercio (*empleado 1*) llevará el paquete hasta un punto en el centro comercial donde el personal de la compañía de drones (*empleado 2*) estará esperando para recibirlo. Este camino no debe de llevar más de 5 minutos (en casos extremos) para dicho el "*empleado 1"*, contando tanto con el camino de ida como con el de vuelta. De ahí el "*empleado* 2" lo llevará al dron, para que este termine de ejecutar el pedido.

Cabe destacar que este proceso podría hacerse de forma autónoma mediante la instalación de sistemas robotizados logísticos similares a los empleados en *fulfillment centers* de Amazon y en muchas otras fábricas y centros logísticos. Pero esto conllevaría un mayor coste y por tanto se considera mejor un primer testeo del mercado antes de realizar una inversión de estas características.

El dron, previamente a que el "*empleado 2*" llegue hasta él, despegará para realizar las pertinentes comprobaciones (de forma autónoma) para asegurar que todos los sistemas funcionan correctamente. Si existe algún problema, este volverá a aterrizar y se realizarán las comprobaciones necesarias. Si todo funciona correctamente, el dron desplegará una cuerda (similar al método empleado por la compañía *Wing*) a ~5 metros sobre el techo. Al llegar el "*empleado 2*", únicamente deberá "unir" el paquete a la cuerda y el dron efectuará de los pasos 2 al 7 de forma autónoma.

Por otro lado, si fuera necesario, los drones podrían despegar desde un *Nest* para recoger el paquete en otro *Nest* (entre *Nests* de la misma Zona) manteniéndose en el aire a ~15 metros de altura (minimizando el ruido sobre la zona) y esperando a que se cargue el paquete para llevar a cabo su operación. Por último, en el caso del CC Centro Oeste, los paquetes serán cargados directamente por los empleados de los comercios. Los comercios son principalmente de ropa y el volumen de pedidos será

[2] Este descenso progresivo se hará en el vuelo de vuelta. Se podría también hacer al despegar, subiendo la altura de forma progresiva en el vuelo de crucero, pero los ahorros de tiempo no son tan grandes (velocidad de ascenso es mayor a la de descenso) y la población percibiría mayor intensidad de ruido a una menor altura (la aceleración en el cambio de vuelo vertical a vuelo horizontal requiere bastante potencia por parte de los rotores resultando en mayor ruido). También se podría disminuir la altura progresivamente al llegar al punto de envío, pero no se ha considerado por temas de seguridad (puede haber árboles u otros obstáculos que son más impredecibles).

menor. Por ello, se ve como una posibilidad de probar a que, sin requerir empleados propios, pueda funcionar el negocio. Este sería una opción de futuro de esta tecnología, para automatizarla todavía más y, disminuir los costes. En caso de que no se pueda llevarse a cabo el envío, los paquetes podrían almacenarse en un *Locker* y un empleado del operador de drones podría recogerlos y enviarlos cuando fuese posible.

5. Análisis del proyecto

Una vez definido el proyecto, en este apartado se va a efectuar un análisis completo sobre los drones que se necesitan adquirir, las distancias que se van a recorrer, los tiempos requeridos por viaje y los costes, entre otros factores. Al final de este apartado se podrá disponer de una clara visión de las partes esenciales del negocio.

5.1. Estimación de la demanda

Para estimar la cantidad de drones que se deben esperar adquirir, se va a tratar de analizar la demanda del público objetivo ya definido con anterioridad. Hay que tener en cuenta que existen 2 áreas de negocio: comida a domicilio y el *E-commerce* (excluyendo la comida a domicilio). Se prevé que el servicio de comida a domicilio sea más predominante en un comienzo, aunque poco a poco el sector del *E-commerce* en general vaya adquiriendo más importancia. Por esto, la demanda principalmente vendrá del envío de comida a domicilio.

5.1.1. Sector de la comida a domicilio (*Food delivery*)

En primer lugar, se va a tratar de analizar la demanda de proyectos existentes en sus diferentes localizaciones, para tener un valor de referencia de la demanda. En la ciudad de *Christiansburg* (*USA*) donde opera la empresa *Wing* con 22.000 residentes (135.326 en el proyecto que se está estudiando), los pedidos se situaban en 2020 alrededor de 57 por semana, pero se incrementó sustancialmente en 2021 (#1). En *Logan* (Australia) en los 8 primeros meses de 2021 se llegó a 50.000 pedidos en una ciudad de 300.000 habitantes (#2). En el caso de *Manna* en *Balbriggan* (ciudad de alrededor de 22.000 habitantes), su *CEO* afirma el haber llegado al 35% de las viviendas con un 75% de sus consumidores que vuelven a utilizar sus servicios. Además, en marzo de 2022 un portavoz de la compañía afirmaba que se están llevando a cabo unos 160 envíos diarios a una población de 45.000 habitantes en 2 localizaciones (#3). Por último, *Flytrex* ha efectuado más de 12.000 envíos en 2021, atendiendo a unas 5.000 personas hasta la mitad del año y llegando hasta 25.000 a finales de año, según Dronedj.com. Siendo conservativos, si se toma la media contando con que *Flytrex* ha añadido de golpe 20.000 clientes potenciales a su servicio para la segunda mitad del año, efectuando la media entre ambas mitades, se obtendría una media de 0,8 pedidos por persona ese año (#4).

A día de hoy, los españoles son de los que más piden en el entorno europeo, de ahí que tenga bastante atractivo el territorio español en este mercado. Se puede realizar una comparación entre varios países:

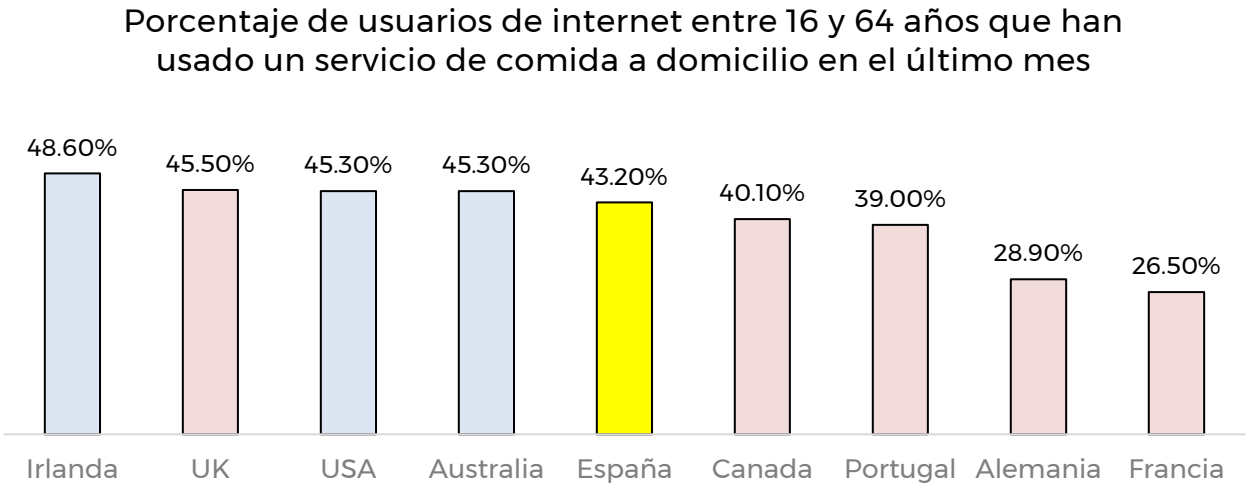


Figura 22.- Porcentaje de usuarios de internet que realiza pedidos de comida a domicilio según el país. Fuente: Hootsuite; Globalwebindex.com (Enero, 2021).

En azul se muestran algunos de los países donde existen operaciones de *food delivery* con drones. Se aprecia como España está cerca de estos países en términos de porcentaje de población que utiliza *food delivery* y bastante por encima de otros países europeos como Alemania o Francia. Se va a extrapolar la información de los envíos de *Manna*, *Wing* y *Flytrex,* teniendo en cuenta que los pedidos serán proporcionales a la población y a la gráfica descrita anteriormente, es decir, al porcentaje de gente que pide comida a domicilio.

Caso estudiado	**Pedidos diarios**
#1 (Demanda estimada a partir de pedidos en Christiansburg en 2020)	47
#2 (Demanda estimada a partir de pedidos en Logan en 2021)	89
#3 (Demanda estimada a partir de envíos diarios de *Manna* en 2022)	427
#4 (Demanda estimada a partir de envíos diarios de *Flytrex* en 2021)	340

Tabla 7.- Demanda de diferentes compañías de "drone delivery" en los últimos años. Fuente: Wing Blog; Manna CEO; dronedj.com.

Se puede comprobar como los pedidos diarios podrán estar entre tan solo 47 hasta 427. Como observación importante, los residentes en estas localizaciones son los totales de cada una de estas poblaciones y no los que tienen un tipo de vivienda accesible para este tipo de servicio. Por ello, estas

estimaciones son conservativas al no tener en cuenta la población de todo Pozuelo o toda Majadahonda en las estimaciones, sino únicamente las viviendas que pudieran ser accesibles por los drones. Aunque es un hecho que en las ciudades donde operan *Manna*, *Wing* y *Flytrex* la mayoría de las viviendas serían accesibles por los drones pero ciertas zonas no podrían ser alcanzadas por ellos.

Por otra parte, se observa, pese a los escasos datos históricos, un alza en el número de pedidos con el paso de los años. Esto aunque podría deberse a alguna anomalía sin ninguna causa aparente, es consecuencia de factores relacionados con cambios en los hábitos y conductas del consumidor y una mayor aceptación de este tipo de tecnologías, sumado al crecimiento del sector en estos últimos años. Además se observa un comportamiento de demanda similar entre las compañías *Manna* y *Flytrex*. La media asciende a 226 pedidos diarios. Hay que destacar que estos pedidos son únicamente de sectores de restauración (comida y bebidas). Estas compañías por el momento no envían otros productos como ropa o tecnología.

Además de este análisis, se puede realizar uno a partir de los datos en nuestro país. El objetivo será compararlos y contrastarlos posteriormente con la demanda estimada a partir de los operadores existentes en otros países. En España, como ya se ha resaltado, las compras por internet y, en especial, la comida a domicilio se ha disparado tras la pandemia.

Fuente	Estadísticas
Estudio de *Deliveroo* (2021)	El 45% de los españoles pidió comida a domicilio al menos una vez por semana durante el confinamiento
Just Eat – Gastrómetro (2021)	El 91% de sus clientes se encuentra entre 18 y 53 años 2021, el 62% de sus pedidos eran cenas y el 25% comidas, restringidos a únicamente 6 horas del día
Statista Global Consumer Survey (2021)	El 50% de la población online española afirma usar estos servicios
Digital Global Overview Report (2021)	El 43.2% de usuarios online entre 16 y 64 años usa plataformas de *delivery* cada mes 10,75 millones de personas piden comida a domicilio
The NPD Group (2021)	El 36% del gasto en restauración *foodservice* realizado por los españoles durante el primer semestre del año se destinó a *delivery*, takeaway o *drive thru* El consumidor dedica el 15,7% de su gasto en restauración a comida a domicilio El gasto en restauración se situó en torno a los 28.988 millones (~613€ por persona anuales) 2.328 millones fueron en el sector de la comida a domicilio
Encuesta de KPMG (2021)	Se estima que el *delivery* se situará en torno al 12% de los ingresos del sector de la restauración organizada en 2022

Tabla 8.- Estadísticas sobre el mercado de "food delivery" en España. Fuente: Elaboración propia a partir de diversos estudios.

Cabe recordar, que en el modelo de negocio, los ingresos se percibirán mediante una tarifa fija a los comercios por cada envío que realicen con la plataforma, que se definirá más adelante. Por ello lo que importa analizar son el número de pedidos que se vayan a realizar. A partir de estos datos se pueden adoptar 2 tipos de enfoques.

Uno de los enfoques será, a partir de los clientes a los que se podrá acceder con el servicio, ver cuántos pedidos se podrán llevar a cabo. El otro enfoque será el de estudiar el dinero gastado en comida a domicilio por el total de españoles y partir de ahí estimar lo que se gasta una persona de media, y por consiguiente, la cantidad de pedidos que se estarían procesando.

I. Enfoque a partir de las personas a las que se podrá hacer llegar este servicio.

De estas últimas estadísticas se puede extraer información muy valiosa, como es que alrededor del 40-45% de personas entre 16 y 64 años pide comida a domicilio cada mes. Aunque respecto a la frecuencia de estos pedidos no existen suficientes datos. Según el INE la población de España a 1 de Julio de 2021 era de 47.326.687 habitantes. Si se hace un análisis estudiando la población a la que se podría alcanzar en la zona de estudio, las personas que podrían acceder al servicio serían 38.386, es decir, un 28,37% de la población total analizada. Si cogemos los datos del *Digital Global Overview Report*, llegaríamos a 30.738 personas. Datos similares con ambas estadísticas. Si el servicio lo prueban el 35% pero únicamente son clientes recurrentes (1 pedido al mes [3]) el 75% de ellos, se podrían conseguir 273-340 pedidos diarios. Se alinea con el análisis realizado referente a las compañías que ya operan con drones.

II. Enfoque a partir del gasto en comida a domicilio en España.

En cuanto a los ingresos, en torno al 12-15,7% de los ingresos en el sector de la restauración podrían proceder de la comida a domicilio. Esto se traduciría, en unos 74-96€ gastados de media por cada español anualmente en *food delivery*. Pero ya se ha descrito con anterioridad como, según *Fintonic*, en la Comunidad de Madrid, se gastaba en 2018 alrededor de un 30% más que en la media de España. Además el gasto en cadenas de comida rápida se situaba alrededor del 35% por encima de la media, cadenas muy solicitadas en el sector del *food delivery*. En la zona de estudio, se estarían gastando por tanto 96-125€ de media por español en comida a domicilio. En la zona de estudio equivaldría a un gasto de 12.991.296-16.915.750€ en el sector. Si con la compañía se logra acceder a un 5 – 10% del mercado (bajo la premisa de que este servicio podría ser muy atractivo para muchos negocios y clientes) se lograrían ingresos anuales de 649.564-1.691.575€.

Empleando el coste por transacción media aportado por la *CNMC*, que será expuesto más adelante, de 21,76€ se estaría hablando de 82-212 pedidos diarios. Si se toma la estadística de un gasto de 6,9€ por comensal, en España (Julio de 2021 según el periódico expansión) una familia media de 2,5 personas se estaría gastando 17,25€ de media. En este caso, los envíos serán de 103-269.

Por tanto, resumiendo, con ambos enfoques se obtienen resultados dentro de los órdenes de magnitud ya vistos anteriormente determinados a partir de compañías del sector del *drone delivery*. Se estarían efectuando entre 82-340 pedidos diarios. En el caso de comparación directa con compañías que ya operan con drones, se hablaría de 47-427 pedidos.

[3] Según *The NPD Group* (en sus estadísticas) los usuarios usan las plataformas cada mes

5.1.2. Sector del *E-commerce*

Los drones se esperan que terminen enviando cualquier tipo de producto, no solo comida. Aunque de momento la comida a domicilio sea mucho más sugerente, al ser el principal objetivo de los drones el de enviar rápido y que la comida esté casi como al salir del restaurante. En el sector del *E-commerce*, el cliente por lo general no tiene una prisa demasiado elevada, por lo que si una compañía quiere enviar una prenda de ropa, irá a por el método más barato con tiempos de envío razonables de 24-72 horas.

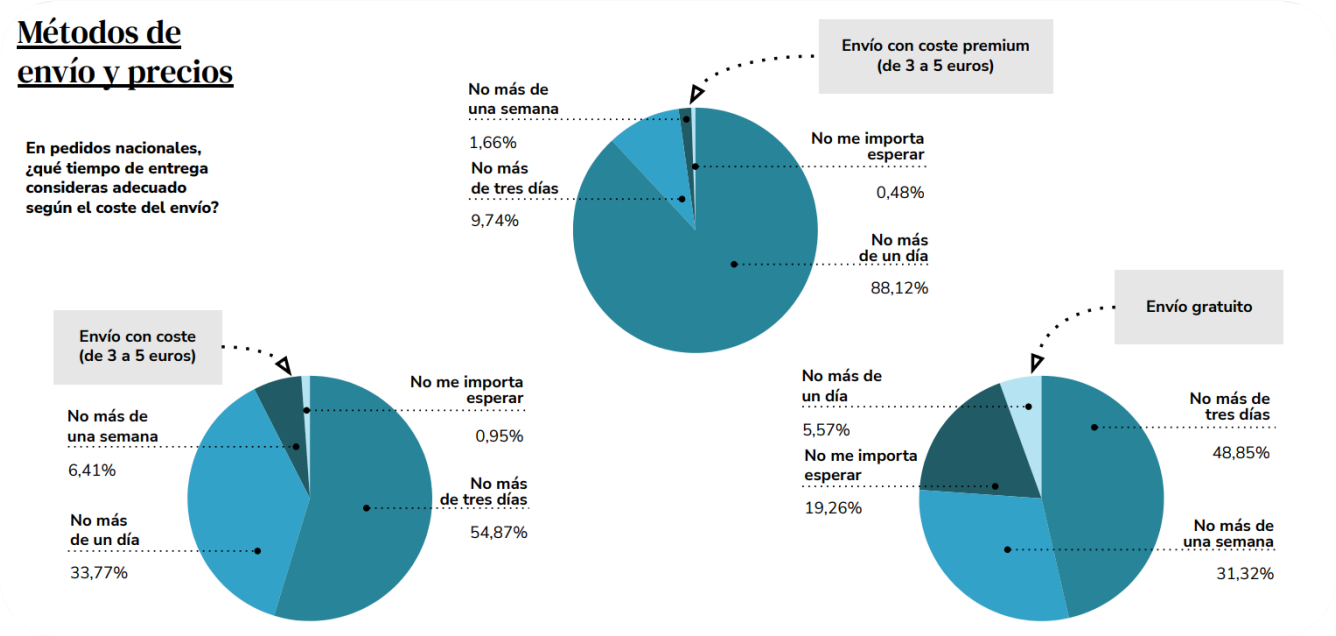
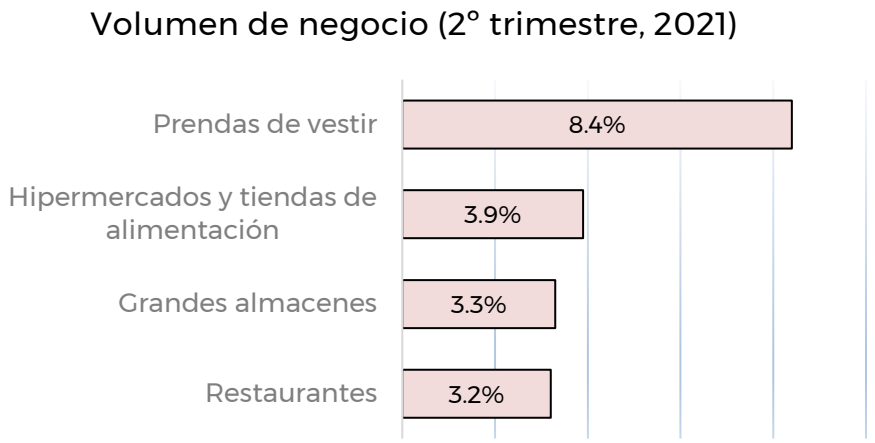


Figura 23.- Tiempos de envío esperados en función del coste de envío pagado por el cliente. Fuente: Flat 101 [1].

Se observa como cuando un cliente paga de 3 a 5 euros, un 33,77% espera tener su envío en no más de un día o en el caso de que además ese cliente tenga una suscripción activa (por ejemplo *Amazon Prime)* la cifra asciende a 88,12%. Por ello, en la parte del negocio que respecta al *E-commerce* no serán tan cruciales los tiempos de envío en cuestión de minutos, sino que se considerará que no debe pasar más de un día desde el pedido hasta la recepción del mismo por parte del cliente.

La Comisión Nacional de los mercados y la Competencia (CNMC) publicó una nota de prensa en la que resaltaba el volumen de negocio del *E-commerce* en el segundo trimestre del 2021, así como trimestres anteriores. El volumen de negocio del *E-commerce* en España para la primera mitad del 2021 ascendió a los 26.135 M€ mientras que el número de transacciones fue de 568,9 M. Si se extrapola estos datos para todo el año, el volumen de negocio y transacciones serían de 52.270 M€ y 1.137,8 M respectivamente [36].



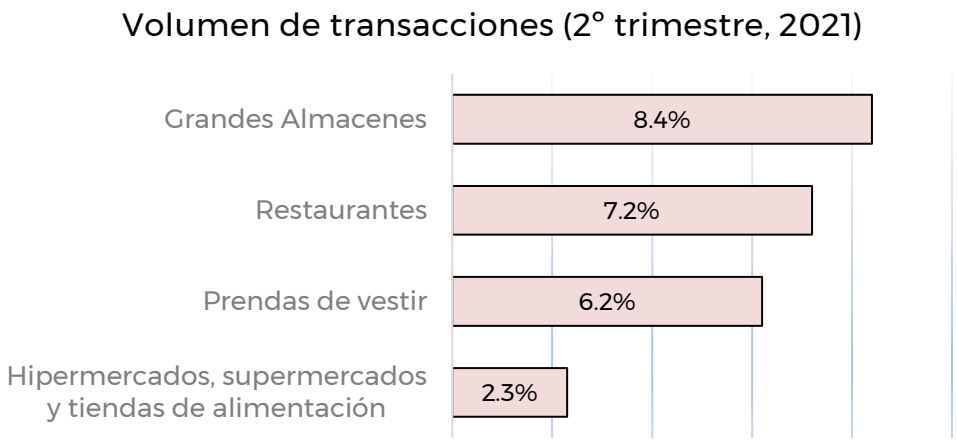


Figura 24.- Porcentajes de volumen de negocio y transacciones del E-commerce en España en diferentes categorías (2º trimestre, 2021). Fuente: CNMC data.

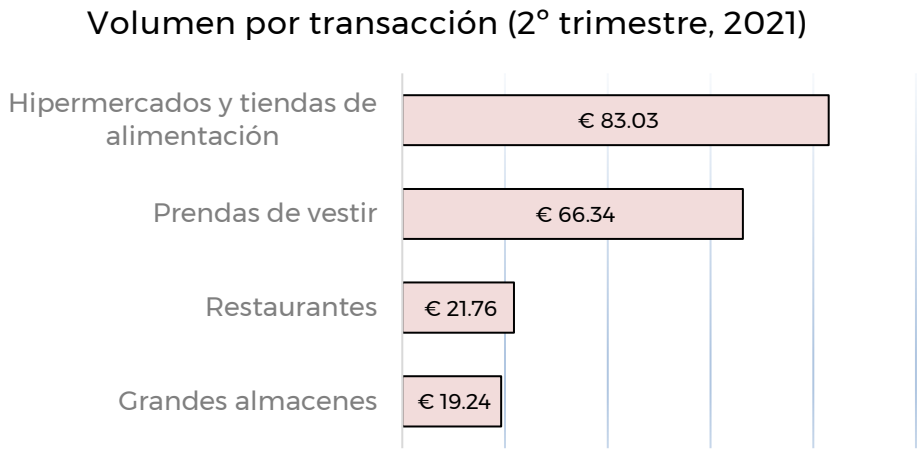


Figura 25.- Volumen por transacción en diferentes categorías. Fuente: CNMC Data

A parte del sector de la comida, otras categorías atractivas son el negocio de la ropa (prendas de vestir) y, en menor medida, el de los grandes almacenes. El de las prendas de vestir tiene un alto coste por transacción, además de tener unos pesos aceptables que en la mayoría de los casos se van a situar por debajo de los 2kg. El coste por transacción es clave, pues la empresa que utiliza el servicio de envío con drones estará pagando o bien un coste fijo por envío por lo que no le será rentable si el precio del pedido es muy bajo. Otros productos que cumplen esto son los medicamentos o incluso las bebidas alcohólicas. Ambos podrían ser productos por los que un cliente estaría dispuesto a pagar por disponer de ellos de forma casi inmediata.

Se ha mencionado ya como Amazon afirma que alrededor del 75% de sus productos pesan menos de 2,3 kg y el 85% de sus pedidos entran en este rango de peso. Por otro lado el mercado de las prendas de vestir junto a la alimentación y grandes almacenes componen alrededor de un 15% del total del *E-commerce*. Otros sectores no incluidos son los juegos de azar o los viajes, a los que naturalmente no se podría proporcionar ningún servicio.

Suponiendo que el servicio proporcionado con los drones logra satisfacer el 2-3% de la demanda de los 3 sectores mencionados anteriormente, se podría estar hablando de un número de transacciones total 10.000-15.000 pedidos anualmente cuyo coste medio sería de 45,2€ por transacción. Una cantidad que complementaría positivamente, sin interferir con la rapidez en los envíos de comida a domicilio. Resumiendo, se podría estar tratando con pedidos diarios entre 27 y 41 aproximadamente. Aunque en el futuro, esta línea de negocio será, seguramente, la que más relevancia tenga. Por último resaltar que como sucede con el *food delivery*, en Madrid, la demanda del *E-commerce* también es mayor por lo que quizás se podrían estar hablando de, considerando ese 2-3% del mercado, valores un 30% mayores.

5.1.3. Sector de la comida a domicilio y el *E-commerce*. Demanda total

Puestos en contexto ambos tipos de demanda, se podría estimar la demanda total. Antes de ello, hay que resaltar como la estacionalidad de los pedidos es muy elevada. Según una directiva de *Just Eat* (2022), los pedidos entresemana son del 22% del total, por lo que el 78% se concentra en únicamente 3 días. Se separará en las dos categorías expuestas con anterioridad y según si el pedido es entresemana (L,M,X,J) o fines de semana (V,S,D). Se considerará el viernes como fin de semana, pues los viernes por la tarde la demanda de este servicio es muy elevada según muchos *riders*. En el caso del *E-commerce* en general, según un estudio realizado por *Qapla* (2021) los pedidos online se concentran alrededor del 77% entresemana y 23% en fin de semana. Por lo que suavizaría algo la concentración de la demanda los fines de semana. Serán menores los pedidos por lo que no son tan importantes. De acuerdo con estas

estimaciones quedaría, inclinándose más por las estimadas a partir de compañías que ya operan con drones:

	Comida a domicilio			***E-commerce***			**Total**
	LMXJ	**VSD**	**Total**	**LMXJ**	**VSD**	**Total**	
Escenario pesimista	77	364	200	36	14	27	227
Escenario medio	116	546	300	46	18	34	334
Escenario optimista	154	728	400	55	22	41	441

Tabla 9.- Demanda de número de pedidos estimada para el proyecto en función del día de la semana y sector. Fuente: Elaboración propia.

Resumiendo, este análisis simplificado demuestra que un proyecto de estas características puede tener bastante demanda aunque es difícil de estimar al ser una tecnología que no ha sido hasta ahora implantada. Este cálculo inicial, se tendrá en cuenta a la hora de evaluar los drones y personal requerido para el proyecto. Pero más adelante se afinará el análisis de la demanda de forma más concreta, según las distancias que se recorren u otros parámetros como el rango de horas y días en los que más se pide. Por otra parte, se ha sido bastante conservativo, pues en zonas de alto poder adquisitivo (en el percentil 5% de zonas más ricas de España según la renta) el gasto será considerablemente mayor que en la media de España. Esto no se ha tenido siempre en cuenta.

Por último se podría analizar la demanda potencial según la zona a la que se está enviando. Para ello se les dará importancia a 2 variables: la renta y la edad media.

$$Demanda_P = \frac{Renta_P \left(\frac{Población\ objetivo_P}{Población\ total_P}\right)}{\left[Renta \cdot \left(\frac{Población\ objetivo}{Población\ total}\right)\right]_{max}} \tag{2}$$

Es decir, la demanda en cada punto será proporcional a la renta y al porcentaje de población objetivo (ya definido con anterioridad). Se ha adimensionalizado con el máximo de la multiplicación de ambas variables. De esta forma, la demanda se situará en una escala de 0 a 1.

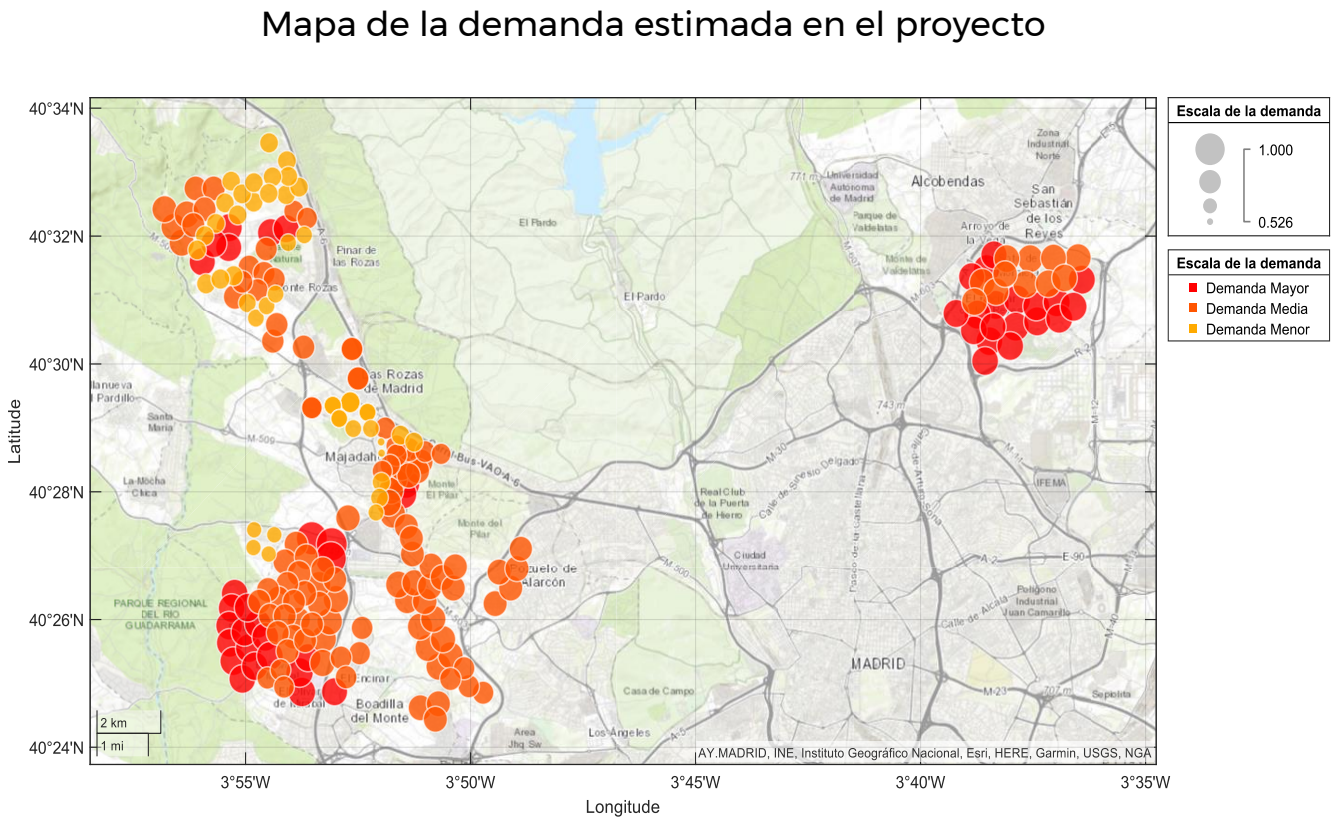


Figura 26.- Análisis de la demanda según la renta y población objetivo en cada ubicación. Fuente: Elaboración propia.

Se aprecia como la demanda es similar en las zonas de Boadilla, Pozuelo y La Moraleja. Este último sector es el más homogéneo. Sin embargo, esta es menor en Las Rozas y Majadahonda por una población con una menor renta. Ciertos sectores como el noreste de Las Rozas también se ven algo perjudicado por una edad media superior a la de las demás zonas. Este análisis podría servir para programar estrategias y ejecutar acciones de marketing enfocadas a las zonas de mayor demanda para la captación y fidelización de clientes destinarios del servicio de reparto.

5.2. Modelo de negocio. Ingresos

Los ingresos del negocio provendrán principalmente de los envíos que se efectúen. Otras fuentes de ingresos podrán venir de costes impuestos a los comercios para un mejor posicionamiento en la web o el proporcionar servicios a otras empresas para aprovechar la cantidad de datos que se pueden procesar de los clientes que es algo que se hace, siempre de forma anónima y respetando la ley. Además, se pueden hacer visitas guiadas a los clientes para mostrarles el funcionamiento de la base logística de drones. También se podría proporcionar asesoría legal para operaciones *BVLOS* dado que se habrá adquirido una enorme experiencia durante el proceso. En cualquier caso, salvo la primera, el resto de

las fuentes de ingresos serían menores y más complejas de estimar, por ello no se van a explorar.

Analizada la demanda, se necesita analizar cuál será el modelo de negocio y de dónde y en que cuantía van a proceder los ingresos. Ya se ha comentado que los ingresos procederán de un ingreso fijo por pedido al comercio, sin aplicar un porcentaje de comisiones sobre el valor del pedido como hacen compañías de delivery convencionales. Se ha visto como pedidos con la compañía *Manna*, al consumidor unos 4,2€ en concepto de gastos de envío. El coste que asumen los comercios es una suscripción, pero se desconoce su importe. Aunque el *CEO* de *Manna* afirma que a las plataformas puede costarle de $3 a $5 por envío (*Bloomberg*, 2020). En el caso de *Wing* y *Flytrex* se ha visto como los gastos de envío son gratuitos. La intención de este tipo de proyectos es abaratar los costes, hacer los envíos más rápidos, conseguir que los comercios puedan ser rentables, mejorar la experiencia del cliente y fidelizarlo.

Otros modelos de negocio más complejos podrían ser estudiados y analizados a futuro. Por ejemplo, cobrar a los comercios en función de la distancia de envío y de la hora en la que se realicen los envíos. O efectuar un descuento cuando la curva de demanda desciende (por ejemplo por la mañana, o los días entre semana). O un modelo mixto en el que hasta un determinado precio se aplique un porcentaje de comisión sobre el valor del pedido y por encima de ese valor sea una tarifa fija. Pero se ha decidido simplificarlo, al no disponer de datos suficientes sobre qué modelo sería el más adecuado.

Ya se ha visto como compañías convencionales como *Uber Eats*, *Glovo* o *Just Eat* cobran comisiones del 15-35% del valor del pedido a los comercios (IVA no incluido). Este coste, como ya se ha explicado, dependerá de muchos factores como el posicionamiento en su página web. En adición a esto existen otras comisiones repercutidas al cliente final (comisiones de mercado y gastos de envío) que van desde los 2,38€ hasta los 4,31€ normalmente, como ya se ha expuesto anteriormente. La media, teniendo en cuenta la cuota de mercado de las distintas empresas, se sitúa en alrededor de 2,90€.

En un pedido típico en restauración de ~20€ (Según la *CNMC*) equivaldría a comisiones cobradas a los comercios de 3-7€. Este sería el coste que tendría que asumir el comercio por enviar sus productos. Es evidente que al establecer las tarifas fijas por envío, los comercios tendrían que fijar pedidos con valor mínimo, siendo proclives a intentar incrementar el volumen económico del pedido para ser más rentables.

No obstante, para solventar el aspecto negativo, se puede optar a un modelo mixto en el que se incorporen gastos de envío para el consumidor final variables, que serían decididos por cada uno de los comercios. Aunque la estrategia real dependerá de cada comercio, el objetivo será el de conseguir que los costes para los comercios, no sean superiores al 27% del valor del pedido incluyendo el *IVA*.

Es decir, la empresa de envío con drones cargará una tarifa fija por cada envío al comercio. El comercio decidirá si traspasar parte de esa tarifa al consumidor final subiendo sus precios en la plataforma (como se ha observado los incrementos de precios en la plataforma pueden llegar a ser un 14-27% superiores que si se piden para *take-away* o para comer en el establecimiento) o cobrando gastos de envío. El consumidor final podría estar dispuesto a pagar un coste adicional, por un servicio inmediato que es suministrado por un dron en la puerta de su casa.

Figura 27.- Esquema del modelo de ingresos y costes para el Operador, Comercio y Cliente final. Fuente: Elaboración propia.

El esquema es sencillo y se aprecia en la figura anterior. Si se ve desde el punto de vista del comercio, quedaría de la siguiente forma:

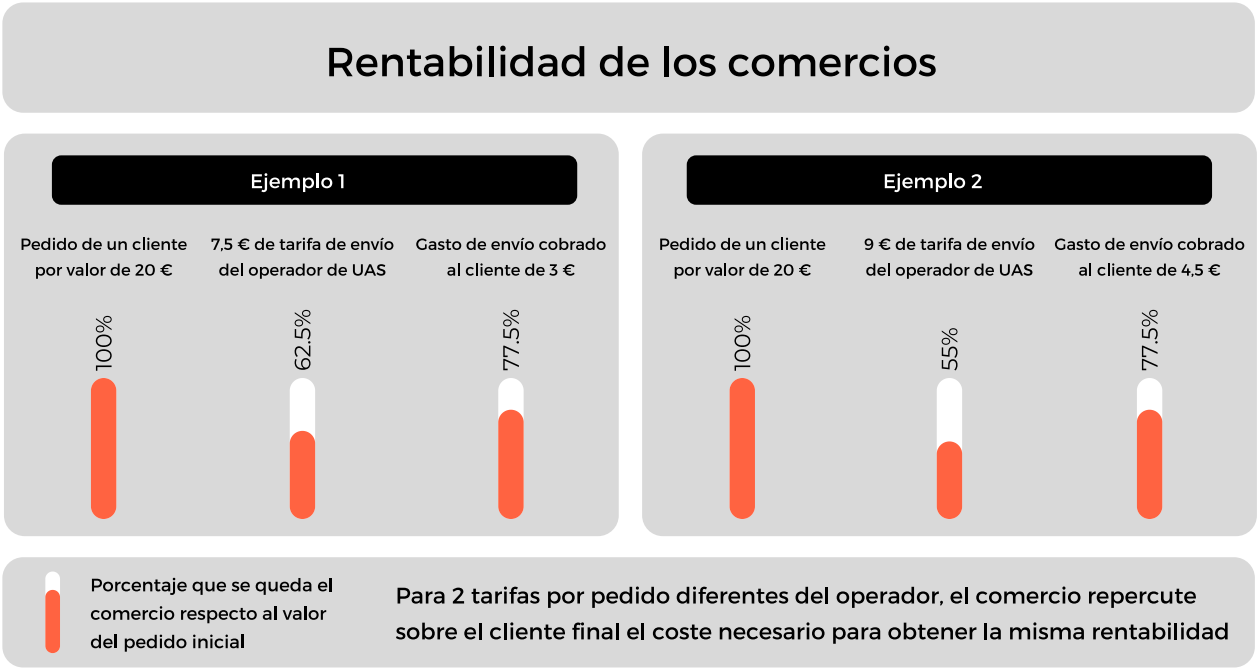


Figura 28.- Esquema del modelo de tarifas y comisiones desde la perspectiva de un comercio. Los precios y costes tienen en cuenta el IVA. Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar cómo es el comercio el que tiene control final sobre el precio de envío, aunque la tarifa del operador influirá en el mismo. Esto último se puede analizar de manera más detallada para

diferentes valores por pedido y diferentes tarifas aplicadas por el operador de drones:

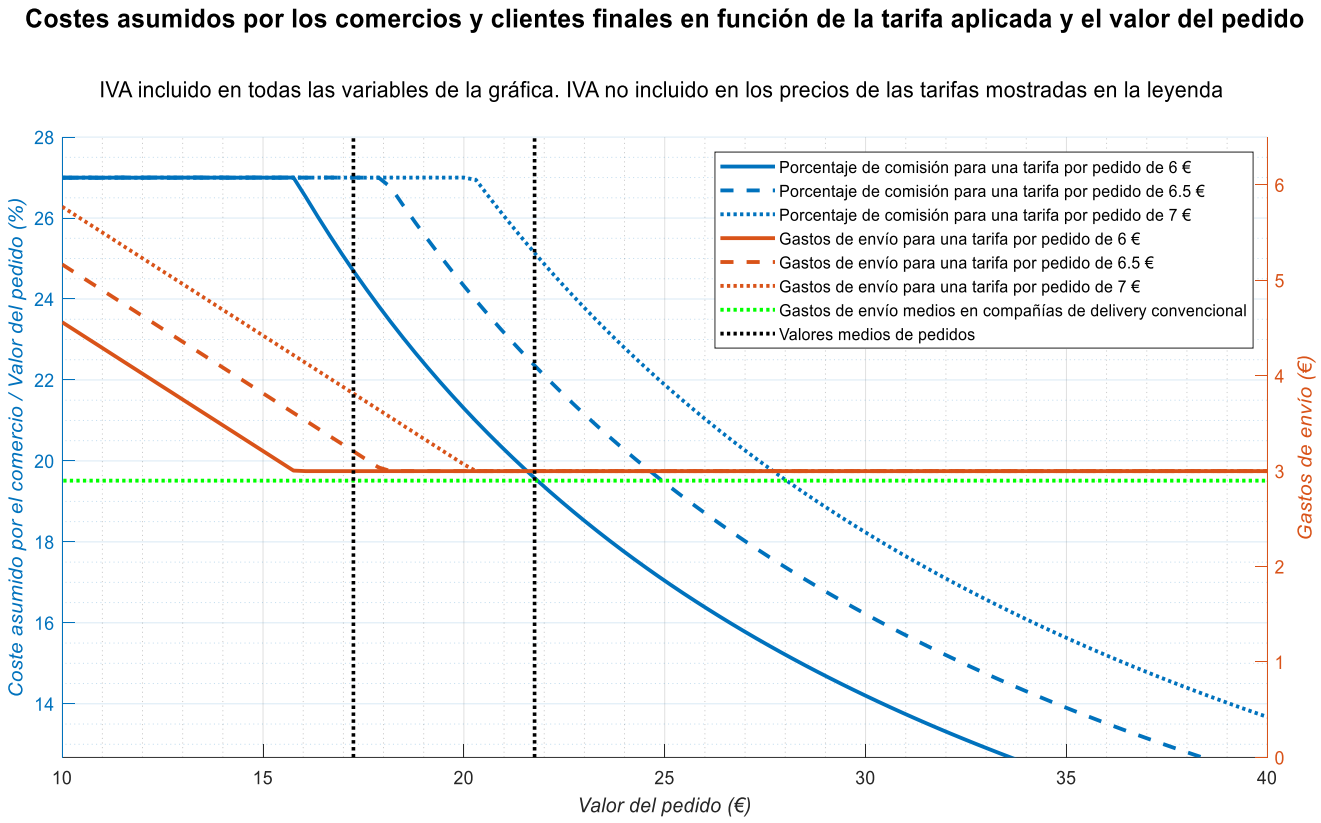


Figura 29.- Modelo de costes según precio por pedido. Fuente: Elaboración propia.

El resultado es que, dependiendo del precio de envío (6 / 6,5 / 7€ sin IVA) los comercios tendrían que cobrar un precio determinado a los clientes. Se han fijado los gastos de envío en 3€, como los gastos de envío/gastos de gestión medios que cobran compañías tradicionales de *delivery* y en línea con lo que cobra *Manna* (4,2€). A partir de 16,36€, si el operador de drones cobra 6,5€ (sin IVA) por envío, el comercio podría comenzar a ver como las comisiones respecto al gasto del cliente final son menores. Hasta el punto de que un gasto de 30€ podría suponer ~15% de comisiones, las más bajas que aplican las compañías de *delivery* convencional. Este modelo de negocio se ha pensado para dar más control al comercio final y que estos tengan un incentivo para vender más ya que sus costes de envío serán fijos. Los precios cobrados a los comercios rondarán esos valores. En el rango en el que se mueven, de media, los valores de los pedidos (17,25-21,76€), tienen sentido tarifas (sin IVA) de 6€ a 7€ si los comercios cobran los gastos de envío medios a los clientes finales.

5.3. Elección del *UAV*. Características técnicas, consumo energético y costes

5.3.1. Tipos de drones

Principalmente, en un enfoque exclusivo de envío de mercancías, se podrían tratar 3 tipos de drones. Puede observarse su diseño en los siguientes ejemplos de distintas empresas del mercado del *drone delivery*:

Híbrido

Amazon (Inverse.com)

Híbrido

DHL (dhl.com)

Híbrido

Wing (dronedj.com)

Multirrotor

Flytrex (techcrunch.com)

Multirrotor

Manna (droneclub.me)

Ala-Fija

Zipline (afd.fr)

Figura 30.- Tipos de drones. Fuente: Especificada en los pies de cada imagen; Elaboración propia.

Los drones híbridos poseen un despegue y aterrizaje como los drones multirrotor, pero vuelos en crucero como los drones de ala fija. El vuelo de crucero en un dron de ala fija (o híbrido) es mucho más eficiente, ya que en un dron multirrotor gran parte del empuje de los rotores tiene que encargarse de contrarrestar el peso de la aeronave, mientras que en un dron de ala fija, la sustentación, generada principalmente por las alas, equilibra el peso. Esto permite alcanzar mayores velocidades con consumos aceptables.

Según un estudio por *Fortune Business Insights* afirma que el 60% de los drones empleados por las compañías de "*drone delivery*" son híbridos (ejemplo de *Wing*) mientras que el 23% son Multirrotor (*Manna* y *Flytrex*) y un 27.35% son de Ala fija (*Zipline*). Cada uno con sus ventajas e inconvenientes:

	Ala Fija	Multirrotor	Híbrido *
Dimensiones del *UAV*	🔴	🟢	🟡
Velocidad de crucero	🟢	🔴	🟢
Alcance / Tiempo de vuelo	🟢	🔴	🟢
Máxima Carga de Pago (MPL)	🟡	🟡	🟡
Seguridad frente a fallo del motor	🟢	🔴	🟢
Despegue y aterrizaje	🔴	🟢	🟢
Maniobrabilidad	🔴	🟢	🟢
Mantenimiento	🟡	🟡	🟡
Coste de fabricación	🔴	🟢	🔴

* También conocidos como *VTOL*

🟢 Ventaja | 🟡 Neutro | 🔴 Desventaja

Figura 31.- Tipos de drones. Ventajas y desventajas. Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a prestaciones en el aire, los drones de ala fija se llevan el primer puesto, con mejores alcances y autonomías que los híbridos y multirrotor. Aunque son bastante similares a los híbridos, pero éstos tienen problemas como una mayor resistencia aerodinámica ocasionada por las hélices que propulsan verticalmente [37] y un mayor peso por añadir componentes para el despegue y aterrizaje vertical. Pero en un servicio en el que un dron puede estar despegando y aterrizando cada 5 o 10 minutos, la versatilidad y maniobrabilidad son características también esenciales. Drones de ala fija pueden necesitar hasta 15 metros de pista para despegar y aterrizar como es el caso del modelo *Albatross*. Algo que no es viable ya que la mayoría de los hogares no cuentan con una parcela exterior de estas magnitudes. En otros casos la empresa *Zipline*, ha desarrollado un sistema de lanzamiento y recepción del dron sin necesitar pista pero que requiere una infraestructura demasiado grande, y más restringida a entornos muy rurales. Además, sus paquetes son lanzados desde el aire con un paracaídas, dejando serias dudas sobre el estado del paquete al caer. Preocupante en el caso de bebidas o alimentos. Por estas razones, los drones de Ala Fija no son viables para el enfoque del negocio, en el caso actualmente considerado. El debate se encuentra entre drones multirrotor o híbridos.

En el caso de *Manna* y *Flytrex* emplean multirrotor, pero en el de *Wing* emplean híbridos. *Manna* opera como máximo, en un viaje de ida y vuelta, 2 km actualmente en *Balbriggan*. En el caso de *Wing*, las distancias son mayores y sus drones tienen capacidad para volar hasta 20 km. En el proyecto que se

está estudiando, las distancias pueden llegar hasta los casi 7 km (únicamente de ida, y en casos extremos). La eficiencia de vuelo sufre mucho cuanto mayor es la distancia en el caso de drones multirrotor. Además, los drones híbridos darán la posibilidad de escalar este tipo de negocios a otras zonas geográficas más alejadas. Por tanto, se van a escoger drones híbridos.

5.3.2. Modelo de consumo energético del *UAV* requerido

5.3.2.1. Características del dron buscado

Ahora se deben tener en cuenta las características técnicas del *UAV* de forma que nos ayude a estimar sus dimensiones, baterías necesarias y su capacidad... entre otros parámetros. Se requiere un dron que sea capaz de volar en total unos 15 km a unos 60-100 km/h y transporte cargas de hasta 2 kg. Puesto que los *UAVs* serán híbridos, tendremos una sencilla comparación con el *MK27* de Amazon [38] y el dron empleado por *Wing*. Por otra parte, a partir de datos de diferentes UAVs de tipo híbrido (*VTOL*), se puede estimar que para conseguir una carga de pago (PL) de 1-2 kg se requieren MTOM de 5-10 kg [39]. Sus características son las siguientes, respecto a las buscadas:

Característica	**Amazon *MK27***	***Wing***	**Dron buscado**
Dimensiones máximas (cm)	198 x 165 x 117	130 x 100 x (X)	~150 x ~120 x ~50
MTOM (kg)	40,4	6,4	8
MPL (kg)	2,3	1,2	2
Alcance (km)	24	20	15
Velocidad de crucero (km/h)	110 (máxima)	104,4	80-100

Tabla 10.- Características principales de los drones de Amazon, Wing y el buscado en este trabajo. Fuente: Páginas web de Wing; techmonitor.ai.

Se desea un dron intermedio entre el dron de Amazon y el de *Wing*, aunque más cercano a este último. Se observa como el dron de *Wing* parece claramente superior al de Amazon, logrando un 18,75% de carga de pago respecto al MTOM mientras que el *MK27* únicamente llega al 5,7%. Ambos con

velocidades de crucero y alcance similares. Estos datos nos sirven para comprobar la similitud entre los drones, sobre todo de *Wing* y el que se busca.

Por otro lado, velocidades de crucero entre 80 y 100 km/h no son un disparate y permanecen en un rango razonable comparado con los drones de *Wing* y *Amazon*. Los drones de *Manna*, pese a que son multirrotor, pueden volar hasta a 80 km/h. Por lo que se esperaría que un dron híbrido pudiera volar a mayores velocidades que es precisamente el objetivo de dicha elección respecto al multirrotor, además de una mejora en la eficiencia en vuelo de crucero (menor consumo de energía).

La estimación de la energía que consumiría un dron con unas características expuestas anteriormente no es sencilla. En la literatura se emplean diferentes modelos con los que se obtienen resultados muy diferentes. Incluso en casos con drones de características similares, el coste energético puede variar para una misma carga de pago en un factor de 6 dependiendo del modelo empleado [40].

Vista 2D

Vista 3D

Figura 32.- Dron en el que se basa el modelo de consumo de potencia. Fuente: Página web de Wing; TechCrunch.

El modelo de consumo de potencia se tratará de construir para un dron similar al de la compañía *Wing*. Aunque no será completamente igual y habrá aspectos que variarán, ya que no se disponen de apenas datos suficientes. De ahora en adelante, este modelo de consumo de potencia se denominará *EVC*.

5.3.2.2. Consumo de los equipos electrónicos

Además de la energía empleada hacia las hélices que propulsan el vuelo, los equipos a bordo también

consumen energía, aunque sería casi despreciable respecto a la propulsión. En un estudio en el que se estudian las potencias de los aparatos típicos en un dron (GPU, FCC, IMU...), se observa como la potencia consumida total ronda los 7 W [41]. En otros drones estudiados, el Wifi y GPS consumen en torno a 16 W [42]. Por otra parte, dispositivos cono el *CASIA I* o el *DJI Manifold* 2 que proporcionan de cierta autonomía al dron consumen 10-15 W y 5-60 W respectivamente, de acuerdo con las especificaciones técnicas presentadas en su página web. Estos dos últimos son algo más apropiados para estimar la potencia, pues el dron debe tener poder computacional suficiente para sobrevolar sin piloto. Esto podría suponer un consumo de alrededor de 100 W durante todo el vuelo. Este valor también cuadra con las estimaciones de D'Andrea [43]. En un vuelo típico de 5 minutos se traduce en una capacidad, según el tipo de batería, de entorno a (sin considerar ningún tipo de ineficiencia):

- 562,5 mAh en el caso de baterías LiPo 4s
- 375 mAh en el caso de baterías LiPo 6s

Este consumo será constante de 100W y se contabilizará en todas y cada una de las fases de vuelo del dron, y se deberá tener en cuenta para las estimaciones de consumo de energía. No es un consumo despreciable, pero si bastante inferior al consumo de los motores, como se verá a continuación.

5.3.2.3. Variables del modelo y consideraciones previas

El modelo de consumo de potencia (denominado *EVC*) será analítico basado en la Teoría de Cantidad de Movimiento (TCM) y Teoría del Elemento Pala (TEP) para vuelo como multirrotor. El vuelo en crucero como ala fija se estudiará según [44]. Posteriormente se va a hacer una comparación con diferentes vuelos experimentales para analizar los resultados del modelo *EVC* y compararlo con resultados experimentales. El consumo en el despegue será completamente diferente al de aterrizaje y al de crucero, por tanto, el vuelo se divide en distintas fases que ya han sido definidas. Dentro de estas fases, las que se repiten son:

I. Vuelo a punto fijo (*Hover*) - Vuelo como multirrotor
II. Vuelo de ascenso – Vuelo como multirrotor
III. Vuelo de descenso - Vuelo como multirrotor
IV. Vuelo de crucero – Vuelo como ala fija

Es interesante destacar, que pese a que la estimación del consumo sea complicada, las operaciones de un dron de *delivery* son muy repetitivas, con un esquema de vuelo que se repetirá siempre. Por ello, si se consigue efectuar una buena estimación de consumo en cada tipo de fase, la estimación final del

consumo por operación podría ser bastante más precisa que en otro tipo de operaciones como en la industria de las inspecciones o incluso el cine. Por otro lado, se han considerado velocidades constantes. Los tramos de aceleración entre ellos se han despreciado.

Se estimará la energía requerida en cada una de estas fases teniendo en cuenta las siguientes especificaciones técnicas:

Variable	**Nomenclatura**	**Valor mínimo**	**Valor Base**	**Valor máximo**
Masa total (sin carga de pago) (kg)	OEW	-	6	-
Masa máxima en despegue (kg)	$MTOM$	-	8	-
Masa en vuelo (kg) [I]	W	$\begin{cases} Ida: 6{,}5 \\ Vuelta: 6 \end{cases}$	$\begin{cases} Ida: 7 \\ Vuelta: 6 \end{cases}$	$\begin{cases} Ida: 8 \\ Vuelta: 6 \end{cases}$
Carga de pago (kg)	PL	0,5	1,25	2
Velocidad de ascenso (m/s)	V_a	3	4,5	6
Velocidad de crucero (km/h)	V_c	80	90	100
Velocidad de descenso (m/s)	V_d	2	3	4
Altura de crucero (m) [II]	h_c	50	60	70
Altura de *drop* del paquete (m) [II]	h_d	7	15	24
Altura de despegue/aterrizaje (m) [II]	h_{cc}	7,5	12,5	18
Velocidad de descenso/ascenso de la cuerda del paquete (m/s)	V_{PL}	1	1,25	1,5
Eficiencia aerodinámica en crucero (ala fija)	L/D_c	10	11	12
Rendimiento del sistema (Ver *Figura 33*)	η	0,6 (Multirrotor)	-	0,7 (Crucero)
Densidad del aire en Madrid (kg/m^3) [Modelo ISA a 20ºC y 700 m]	ρ	-	1,13	-
Velocidad del viento de cara relativa a la velocidad de crucero (V_{Viento}/V_c)	ν	0,1	0,15	0,2
Factor de corrección de potencia inducida	κ	-	1,15 [45]	-

[I] En el vuelo de ida el *UAV* vuela con carga de pago (PL) y en la vuelta sin carga de pago
[II] Las alturas son relativas al nivel del suelo (no sobre el nivel del mar)

Tabla 11.- Especificaciones técnicas del UAV junto a otras variables de operaciones. Fuente: Elaboración propia

Otras variables que no son de diseño pero que se emplearán en el modelo y deben ser definidas previamente son:

Variable	Nomenclatura
Velocidad inducida en vuelo estacionario (m/s)	v_{io}
Velocidad inducida en ascenso/descenso (m/s)	$v_i \begin{cases} \text{Ascenso } (v_z > 0) \\ \text{Descenso } (v_z < 0) \end{cases}$ *

* $\boldsymbol{v_z}$ representa la velocidad vertical. Ascenso sería $\boldsymbol{v_z > 0}$ y descenso $\boldsymbol{v_z > 0}$

Tabla 12.- Otras variables empleadas en el modelo. Fuente: Elaboración propia.

Hay varios aspectos que cabe mencionar. Se debe recordar que el dron es de tipo híbrido (*VTOL*), por tanto su vuelo podrá ser vertical (menos eficiente) y horizontal (más eficiente). La eficiencia del sistema se refiere a la relación entre la energía proporcionada por las hélices y la energía requerida para ello. En el caso de vuelo vertical, esta eficiencia se puede descomponer en la eficiencia de las hélices, la de los motores y la del controlador de velocidad electrónico (*ESC*) [37]. En crucero esta eficiencia es algo mayor, estimada en 65% [37] siendo algo mayor (76,5%) en [44] y menor para vuelo vertical: 57% según [37] y 63% según [44]. Para estos dos tipos de vuelo, las eficiencias se han tomado como la media de los valores de ambos *papers*.

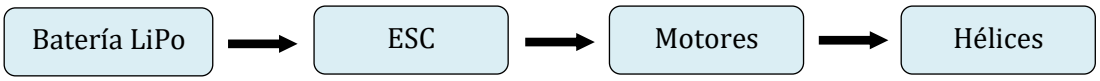


Figura 33.- Sistema de transmisión de potencia en la propulsión. Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte se han tenido en cuenta efectos aerodinámicos en los vuelos de ascenso, descenso y a punto fijo de acuerdo con la teoría de helicópteros. En la punta de pala de los rotores aparecen velocidades inducidas no uniformes y una rotación de la estela. Por ello se efectúa una corrección mediante el factor de corrección de potencia inducida, que autores ampliamente reconocidos como *Leishman* estiman de alrededor de 1,15 [45].

La eficiencia aerodinámica en crucero (vuelo como ala fija) depende del diseño que se le dé al *UAV*. Esta varía desde 7 hasta incluso 14. En [46] un dron con escala similar al buscado pero con dimensiones 2 o 3 veces más grandes, consigue una eficiencia aerodinámica a partir de pruebas en túnel a velocidad de crucero de 12-13. En [47] se estudian 4 drones con prácticamente las mismas dimensiones de los buscados, encontrándose las eficiencias aerodinámicas entre 2 y 16 para ángulos de ataque de 2 a 5 grados. En otro estudio aerodinámico [48] del dron *AeroVironment* RAVEN, un dron de diseño también similar al buscado, las eficiencias a los mismos ángulos de ataque anteriores (2-5 grados) se mueven entre 4 y 10. En otro estudio en el que se comparan eficiencias aerodinámicas de distintos drones con pájaros [49], se estiman eficiencias aerodinámicas máximas principalmente entre 5 y 15. Por último, de

nuevo con un diseño similar de *UAV* [50], se obtienen eficiencias aerodinámicas de en torno a 15-20. Este último incorporando *Winglets* para aumentar la eficiencia aerodinámica cerca del 10%. Muchos factores se deben tener en cuenta como la resistencia debida a las hélices de propulsión vertical u otros elementos que posea el dron. Por tanto, debido a que varían bastante las eficiencias, se ha decidido tomar como valor base una eficiencia de 11, con una desviación del ~10% inferior y superior. Valor que aunque puede considerarse algo optimista, podría ser alcanzado.

5.3.2.4. Características de los rotores para vuelo vertical

Previo a analizar el modelo *EVC,* hay que brevemente analizar los motores que se desean montar, esto será útil a la hora de analizar el consumo de potencia además de la elección de las baterías necesarias. Se han escogido unos rotores *Antygravity* cuyo modelo es el *MN5006 KV300*.

Al tratar con velocidades constantes, el empuje iguala al peso del dron en todo momento. Se requerirían 78,48 N de fuerza para ello. Se debe tener un margen también para acelerar, es decir, para incrementar el empuje a un valor mayor a 78,48 N. El empuje recomendado por rotor es de 0,8-1 kg, es decir, como mínimo para estar en el rango recomendado, se deben emplear 7 rotores. Se ha decidido emplear 8 rotores por cuestiones de simetrías.

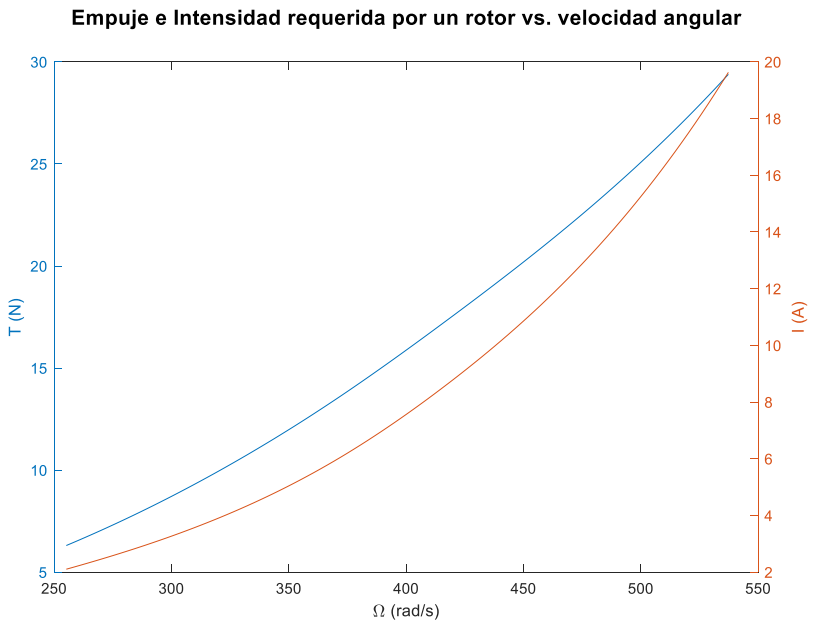


Figura 34.- Empuje de cada rotor y la intensidad requerida en función de su velocidad angular. Fuente: Especificaciones técnicas del rotor Antygravity MN5006 KV300 18 inch.

El dron necesitaría (considerando una carga media de 7 kg) en el caso de que se monten 8 rotores para vuelo vertical (4 para horizontal con un diseño similar al del dron de *Wing*), un empuje por rotor de

8,58 N. Esto se consigue con una velocidad de giro de los rotores de ~300 rad/s. La intensidad a cada rotor será de 3,3 A. Se llegaría a requerir por tanto, para velocidades constantes, 26,4 A en todo momento. Cuando el dron requiera de aceleraciones, esta intensidad se tendrá que elevar lo suficiente. Si se llega a un 90% del empuje máximo, que podría suceder, se requerirían intensidades de 15,57 A por cada rotor. En ese caso se estaría generando un empuje de 203 N. Es decir, contando únicamente con el empuje y el peso como fuerzas verticales, se estaría acelerando muy rápido el dron (13,7 m/s^2).

Para las palas que monta el rotor *Antygravity* se tienen los datos característicos de la cuerda media aproximada, el número de palas junto a su coeficiente de resistencia y su radio. Queda la siguiente tabla de características, que servirán para determinar la potencia de forma.

Variable	**Nomenclatura**	**Valor mínimo**	**Valor Base**	**Valor máximo**
Número de rotores	n_{rot}	-	8	-
Número de palas	N_b	-	2	-
Cuerda media de cada pala (m)	c_p	-	0.025	-
Coeficiente de resistencia de las palas	C_{d0}	-	0.02	-
Radio del rotor (m)	R	-	0.229	-
Velocidad de giro del rotor (rad/s)	Ω	-	300	-
Voltaje Nominal (V)	V_{nom}	-	22,2	-

* $\boldsymbol{v_z}$ representa la velocidad vertical. Ascenso sería $\boldsymbol{v_z > 0}$ y descenso $\boldsymbol{v_z > 0}$

Tabla 13.- Características técnicas del rotor y sus palas. Fuente: especificaciones directas del fabricante y estimaciones propias a partir de dichas especificaciones.

La elección óptima de estas variables sería un trabajo largo y complejo, por ello no se estudiará a fondo la posibilidad de conseguir un rotor y unas palas que optimicen el comportamiento del dron buscado. La potencia de forma será definida más adelante.

5.3.2.5. Modelo de consumo de potencia

A continuación se desarrolla el modelo *EVC* del dron con sus ecuaciones en cada una de las fases. La potencia consumida por los equipos será también contabilizada, como ya se ha comentado anteriormente, con un valor constante de 100 W.

Por otro lado se debe comentar brevemente que las potencias que se consideran en una aeronave de ala rotatoria suelen ser la potencia parásita rotatoria (también denominada potencia de forma), la potencia parásita del fuselaje y la potencia inducida principalmente. Al no disponer de datos sobre la resistencia del hipotético fuselaje y su contribución a la potencia total ser bastante menor a la de las otras dos, se ha decidido no incluir en el modelo *EVC*.

I. Vuelo a punto fijo (*Hover*)

En el vuelo de vuelo a punto fijo las 2 principales contribuciones de potencia son:

- La potencia inducida a punto fijo (3), según la Teoría de Cantidad de Movimiento (TCM)
- La potencia de forma (4), según la Teoría del Elemento Pala (TEP)

$$P_{io} = \kappa \cdot W \cdot v_{io} = \kappa \sqrt{\frac{W^3}{2\rho A}} \tag{3}$$

$$P_0 = \frac{1}{8} n_{rot} \rho N_b \Omega_{io}^3 c_p C_{d0} R^4 \tag{4}$$

Sumando ambas contribuciones y estimando la potencia total a punto fijo (P_{pf}) teniendo en cuenta las ineficiencias del sistema y la potencia consumida por otros equipos (P_{eq}):

$$P_{pf} = \frac{1}{\eta}(P_{io} + P_0) + P_{eq} \tag{5}$$

La potencia de forma del rotor cuantifica la resistencia aerodinámica debida al giro del rotor. Se han efectuado simplificaciones para que la fórmula quede de la manera anterior (C_{d0} es constante, independiente con el número de *Reynolds* y *Mach* además de palas sin estrechamiento y de cuerda constante).

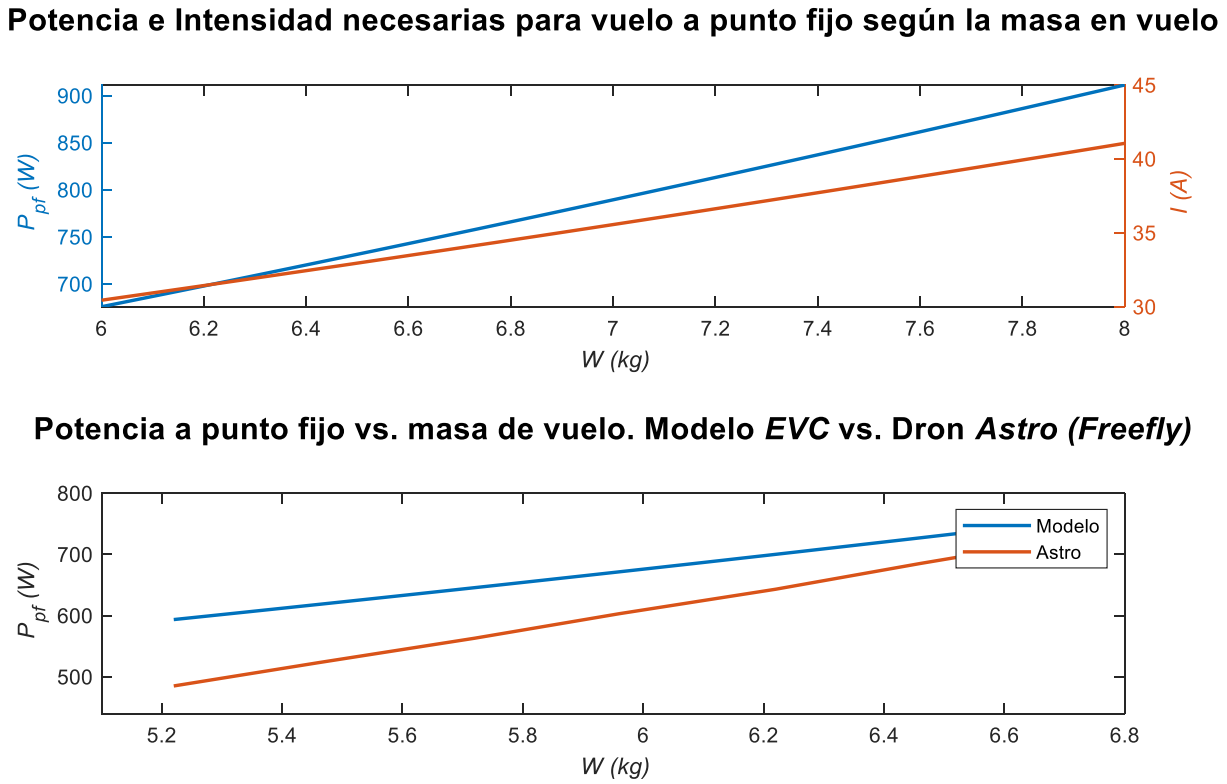


Figura 35.- Potencia e Intensidad (para un voltaje nominal de 22.2 V) necesaria para vuelo a punto fijo. Comparación del modelo con el dron Astro (Freefly). Fuente: Elaboración propia a partir del modelo EVC.

Se observa una relación más o menos lineal entre el peso y la potencia necesaria, contando con una disminución en el tiempo de vuelo al aumentar la carga de pago (el peso) sin considerar una adición de baterías. También se observa un comportamiento similar del modelo al que se obtiene directamente de datos experimentales del dron *Astra* de *Freefly*. El resultado es algo más conservativo en el modelo, pues se ha tenido en cuenta una menor densidad y la potencia consumida por los equipos también.

II. Vuelo de ascenso ($v_z > 0$)

En el vuelo de ascenso, además de tener en cuenta las contribuciones de la potencia de forma en vuelo a punto fijo (6), se debe vencer la energía potencial (7) y la potencia inducida (8), que no será la misma. Además se va a considerar una velocidad de ascenso constante por lo que el empuje T equilibrará al peso W. Por último destacar que la potencia debida a la variación de la energía potencial, en algunos casos no se incluye pues de alguno forma puede estimarse a partir de la potencia inducida. Se ha deseado incluir para que el modelo sea más conservativo:

$$P_0 = \frac{1}{8} n \rho N_b \Omega_{io}^3 c_p C_{d0} R^4 \tag{6}$$

$$P_{Ep,a} = W \cdot V_a \tag{7}$$

$$P_i = \kappa \cdot T \cdot v_i = \kappa \cdot W \cdot v_i \tag{8}$$

Donde v_i es la velocidad inducida que depende de la velocidad inducida en vuelo estacionario (V_{io}) y de la velocidad de ascenso (V_a)

$$\frac{v_i}{v_{io}} = -\frac{V_a}{2v_{io}} + \sqrt{\left(\frac{V_a}{2v_{io}}\right)^2 + 1} \tag{9}$$

Por tanto las 3 contribuciones contando con el rendimiento del sistema resulta en:

$$P_a = \frac{1}{\eta}\left(P_{Ep,a} + P_0 + P_i\right) + P_{eq} \tag{10}$$

Si se realiza una operación a una vivienda a la distancia media de ~3,5 km (en línea recta), los consumos de potencia, empleando los valores base del modelo y variando la velocidad de ascenso, quedarían:

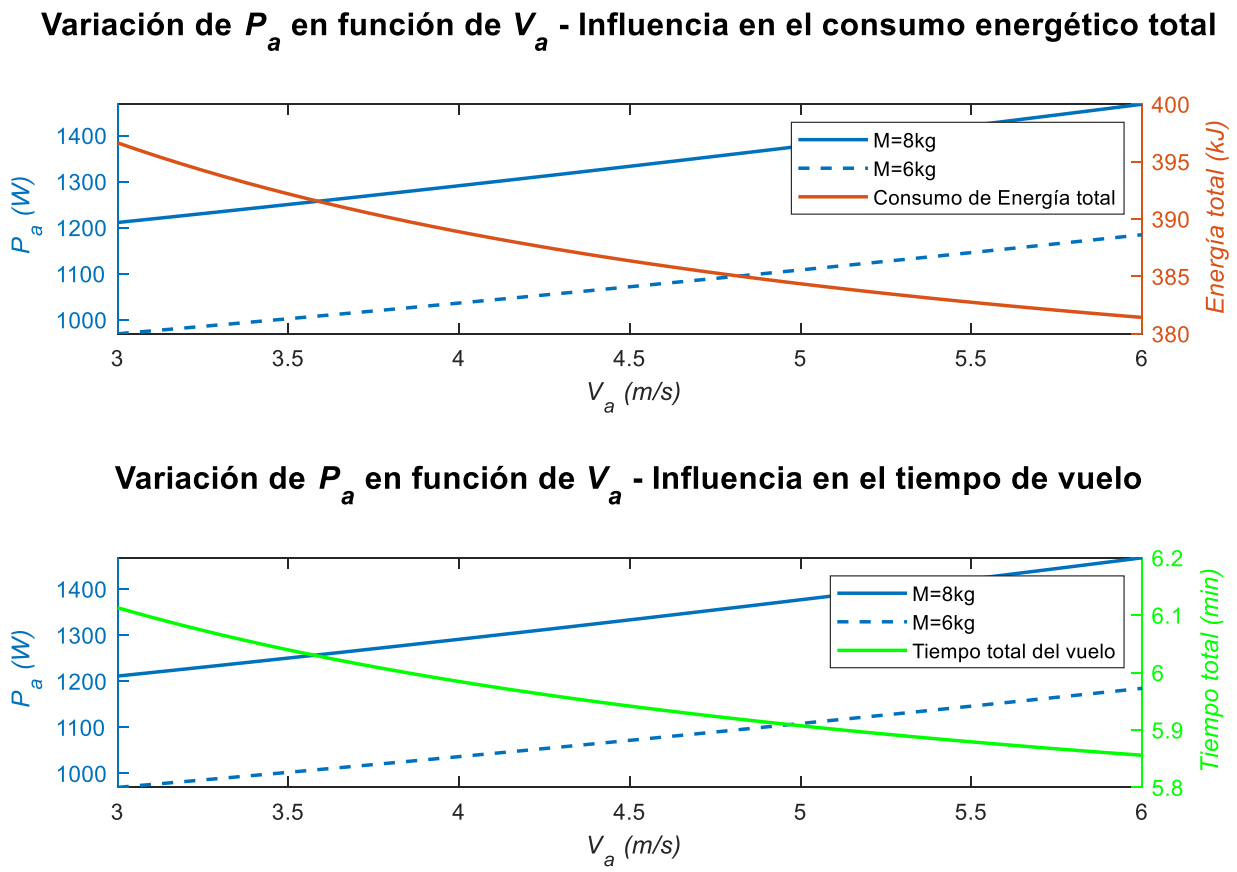


Figura 36.- Estudio de la variación de potencia de ascenso en función de la velocidad ascensional y su repercusión sobre el tiempo y consumos totales en un viaje (ida y vuelta) a un destino a 3 km de distancia (en línea recta). Fuente: Elaboración propia a partir del modelo EVC.

Para un incremento de 3 m/s a 6 m/s de la velocidad ascensional, se observan variaciones de potencia del ~22% para el viaje de ida (M = 8 kg) como el de vuelta (M = 6 kg). La energía total empleada en la operación paradójicamente disminuye y el tiempo de operación podría verse reducido en 15 segundos. Cuanto mayor es la velocidad de ascenso, menor es la velocidad inducida, por ello de acuerdo con el modelo, el consumo total disminuye. Pero no se tendrían en cuenta los consumos al acelerar hasta conseguir tales velocidades ni tampoco se está contabilizando la variación de la potencia de forma con la velocidad de giro de los rotores (que aumentaría al acelerar). Además se requerirían intensidades muy elevadas para conseguir velocidades de ascenso altas. Por lo que, aunque parece que el consumo total es menor cuanto mayor velocidad se tenga, no es del todo así, debiéndose a simplificaciones en el modelo de consumo.

III. Vuelo de descenso ($v_z < 0$)

De forma análoga y muy parecida al vuelo en ascenso, se podrá estimar la potencia del vuelo en descenso a partir de las siguientes contribuciones:

$$P_0 = \frac{1}{8} n \rho N_b \Omega_{io}^3 c_p C_{d0} R^4 \tag{11}$$

$$P_{Ep,d} = W \cdot V_d \tag{12}$$

$$P_i = \kappa \cdot T \cdot v_i = \kappa \cdot W \cdot v_i \tag{13}$$

Donde se ha considerado una velocidad de descenso constante, igual que en el ascenso ($T = W$). En este caso la velocidad inducida en descenso es ligeramente diferente. No se puede aplicar el TCM por la imposibilidad de definición de un volumen de control al estar tratando en una zona donde $-2 \leq \frac{V_d}{v_{io}} \leq 0$. Por ello se recurren a aproximaciones empíricas como la definida en el libro de *Leishman* [45]:

$$\frac{v_i}{v_{io}} = \kappa - 1.125\left(\frac{V_a}{v_{io}}\right) - 1.372\left(\frac{V_a}{v_{io}}\right)^2 - 1.718\left(\frac{V_a}{v_{io}}\right)^3 - 0.655\left(\frac{V_a}{v_{io}}\right)^4 \tag{14}$$

Por tanto las 3 contribuciones contando con el rendimiento del sistema resulta:

$$P_d = \frac{1}{\eta}\left(P_{Ep,d} + P_0 + P_i\right) + P_{eq} \tag{15}$$

Se podría llevar a cabo el mismo análisis que el efectuado anteriormente en función de la velocidad de ascenso. Esta vez, se hará en función de la velocidad de descenso desde -2 m/s hasta -4 m/s. De nuevo para un trayecto medio de ~3,5 km.

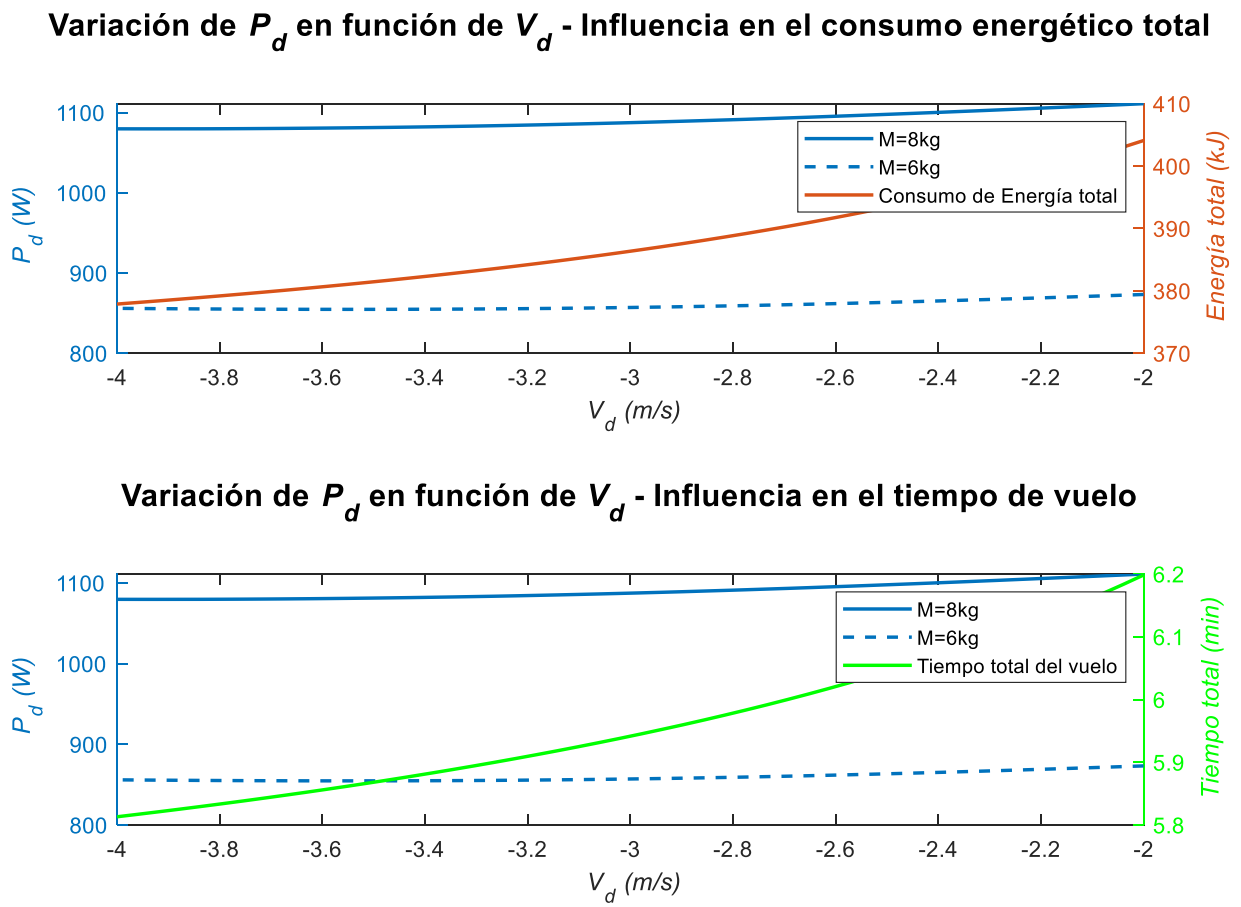


Figura 37.- Estudio de la variación de potencia de descenso en función de la velocidad de descenso y su repercusión sobre el tiempo y consumos totales en un viaje (ida y vuelta) a un destino a 3 km de distancia (en línea recta). Fuente: Elaboración propia a partir del modelo EVC.

En este caso, es más conveniente, claramente, emplear unas velocidades de descenso mayores, pues resultan ligeramente en una menor energía empleada (~6% menor) y menores tiempos de vuelo (hasta ~23 segundos) variando únicamente -2 m/s la velocidad de descenso. Aunque esta mejora se puede ver afectada con la seguridad, pues al bajar más rápido se tiene un menor tiempo de respuesta si algún imprevisto ocurriera. De otro modo, la aceleración para frenar tendría también que ser mayor (algo no cuantificado en el modelo) y por tanto podría resultar en un incremento en el consumo total.

IV. Vuelo de crucero

En vuelo de crucero, la resistencia aerodinámica se igualará con el empuje, es decir, la velocidad será constante. El vuelo será como el de un avión convencional o dron de ala fija como se ha resaltado anteriormente. Después de aplicar factores de corrección, teniendo en cuenta la eficiencia del sistema como en casos anteriores además de un posible viento de cara (contabilizado con ν) se llega a:

$$P_c = \frac{1}{1-\nu}\frac{W}{L/D_c}\frac{V_c}{\eta} + P_{eq} \tag{16}$$

Los resultados a partir del modelo son los siguientes:

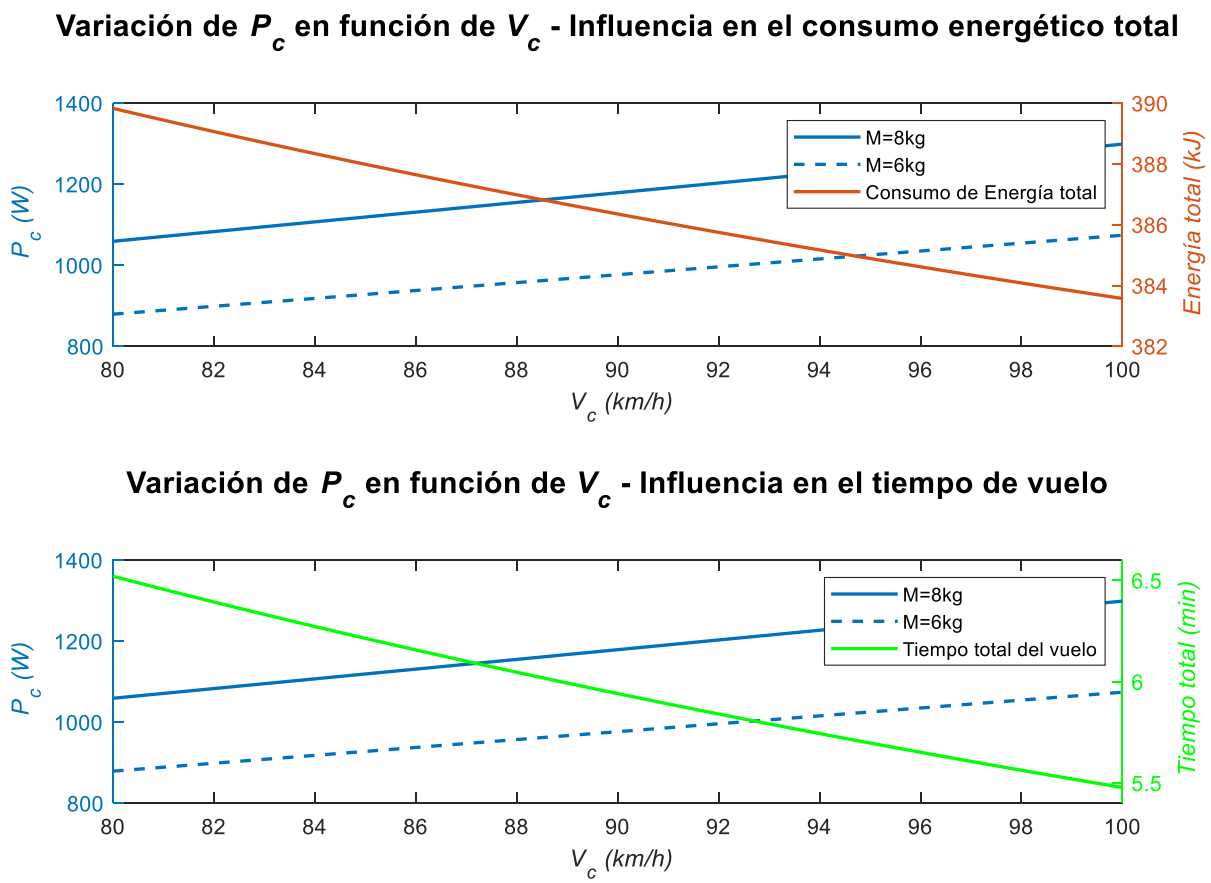


Figura 38.- Estudio de la variación de potencia de crucero en función de la velocidad de crucero y su repercusión sobre el tiempo y consumos totales en un viaje (ida y vuelta) a un destino a 3 km de distancia (en línea recta). Fuente: Elaboración propia a partir del modelo EVC.

Se observa como cuanto mayor es la velocidad de crucero, mayor es la velocidad pero menor es el consumo de energía total. Este es un defecto del modelo planteado para el consumo de potencia en crucero. La energía consumida no varía con la velocidad, pero al tener en cuenta el consumo de los equipos electrónicos del dron, un menor tiempo equivale a un menor consumo de energía total.

Tampoco se han tenido en cuenta variaciones de la eficiencia aerodinámica en función de la velocidad. Se observa como la influencia de la velocidad en el tiempo total es bastante importante, traduciéndose en hasta 1 minuto de diferencia.

Resumiendo, el consumo de potencia en función de la masa en vuelo para valores base se representa en a continuación:

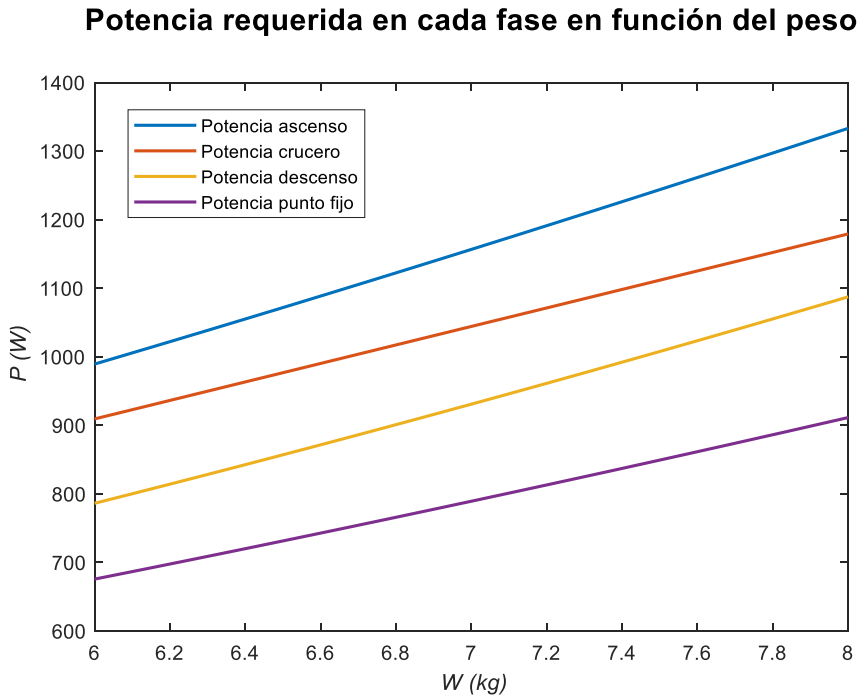


Figura 39.- Variación del consumo de potencia según la fase de vuelo y la masa en vuelo. Fuente: Elaboración propia a partir del modelo EVC.

Parece algo contraintuitivo que el consumo de potencia al descender sea mayor que el consumo para vuelo a punto fijo, pero como se verá a continuación incluso puede llegar a ser mayor que el consumo en vuelo de ascenso [37]. Principalmente es porque la velocidad inducida en el descenso es considerablemente mayor a la velocidad inducida en ascenso por ejemplo. Se pueden comparar los resultados obtenidos con resultados experimentales de otros drones así como otros modelos:

	TOM / V_c	Vuelo de ascenso	Vuelo a punto fijo	Vuelo de crucero	Vuelo de descenso	Aviónica
Estimación propia [I]	8 / 90	166,7 W/kg	113,9 W/kg	147,4 W/kg	135,9 W/kg	Incluida (100 W)
Kuzgun [37]	4,7 / 72	167,7 W/kg	-	275,1 W/kg	185,3 W/kg	-
DJI Matrice 600 [II]	9,1 / -	-	101,6 W/kg	-	-	-
UAV Chan & Kam [51]	30 / -	19,6 W/kg	16,7 W/kg	17,0 W/kg	10,8 W/kg	Incluida (- W)

[I] Potencias específicas calculadas para M = 8 kg con los valores base del modelo.

[II] Determinados a partir de los datos del fabricante en su página web (dji.com)

Tabla 14.- Comparación de consumo específico de diversos drones para las distintas etapas. Fuente: Elaboración propia.

Se observa como la potencia consumida en ascenso es similar al modelo del *Kuzgun* y a punto fijo similar al *DJI Matrice 600*. Pero en crucero y descenso difieren bastante del *Kuzgun*, que es también un dron híbrido con similares eficiencias del sistema para vuelo en crucero. Sin embargo, el *UAV Chan & Kam*, arroja unos datos completamente diferentes a los demás. Este es por tanto un modelo aproximado, que es similar a otros, pero se necesitaría una validación con datos experimentales con el supuesto dron empleado para lograr una mayor precisión.

5.4. Tiempos característicos de las operaciones

Se puede llevar a cabo un análisis respecto a las distancias recorridas por los drones y los tiempos requeridos para que se lleven a cabo dichas operaciones. Esto servirá para analizar los drones necesarios para atender la demanda estimada con anterioridad. Se ha llevado a cabo un mapeo aleatorio con diferentes puntos de envío en las distintas zonas que ya han sido estudiadas. Las trayectorias de los drones podrían ser prácticamente rectas. Pero en la realidad, existirán zonas que no se puedan sobrevolar por diversas razones (seguridad entre ellas). Por ello se ha aplicado un factor de corrección (denominado como rf) por valor de 1,15 por si el dron tuviera que bordear zonas que no pudiesen ser sobrevoladas. A partir de este momento, a todas las distancias se las habrá multiplicado por $rf = 1{,}15$ para conseguir que el estudio sea más realista y no tan ideal. Se obtiene el siguiente perfil de distancias dependiendo de la zona:

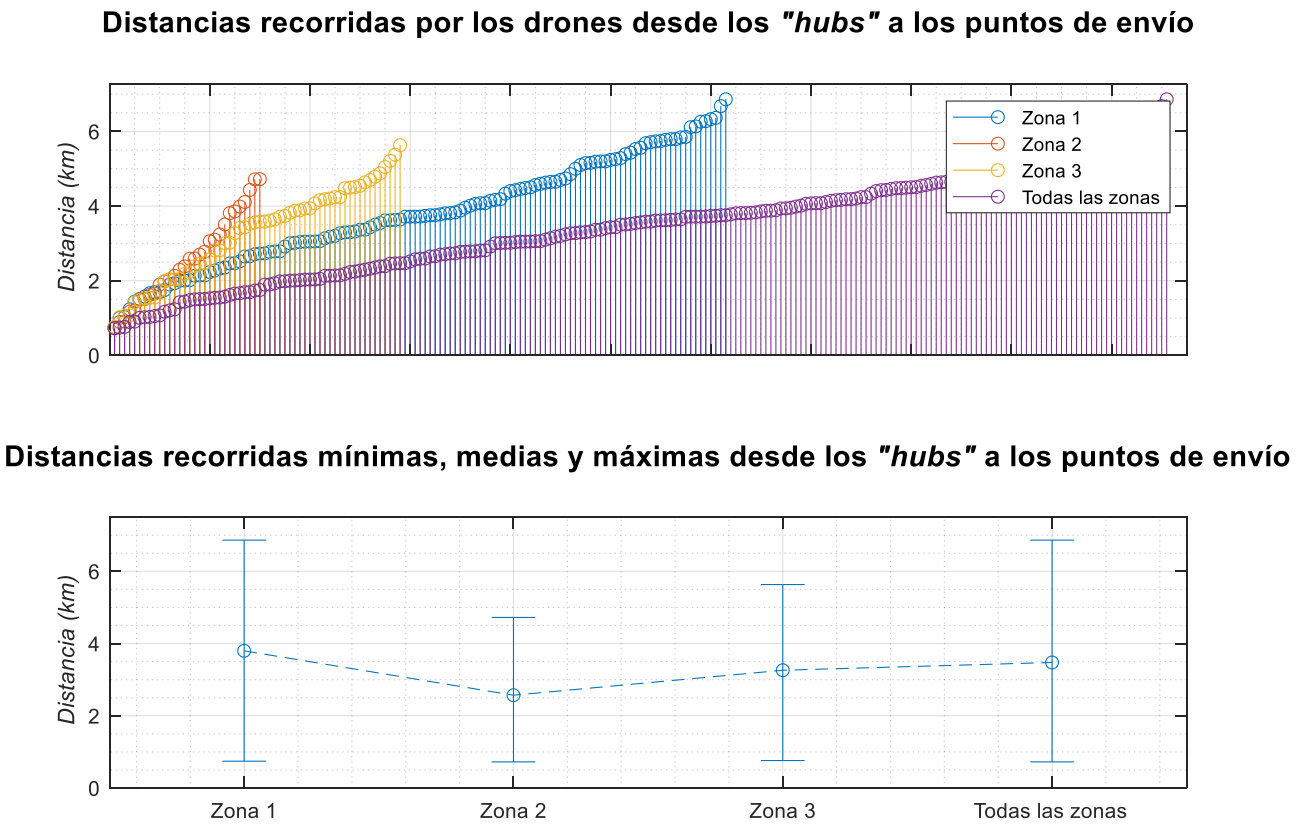


Figura 40.- Distribución de distancias recorridas por el dron. Fuente: Elaboración propia.

Se observan distancias máximas recorridas por los drones de ~7 km, aunque la mayoría se encontrarán por debajo de los ~6 km. Se puede también estimar la distribución de tiempos en vuelo en función de las distancias recorridas por los drones:

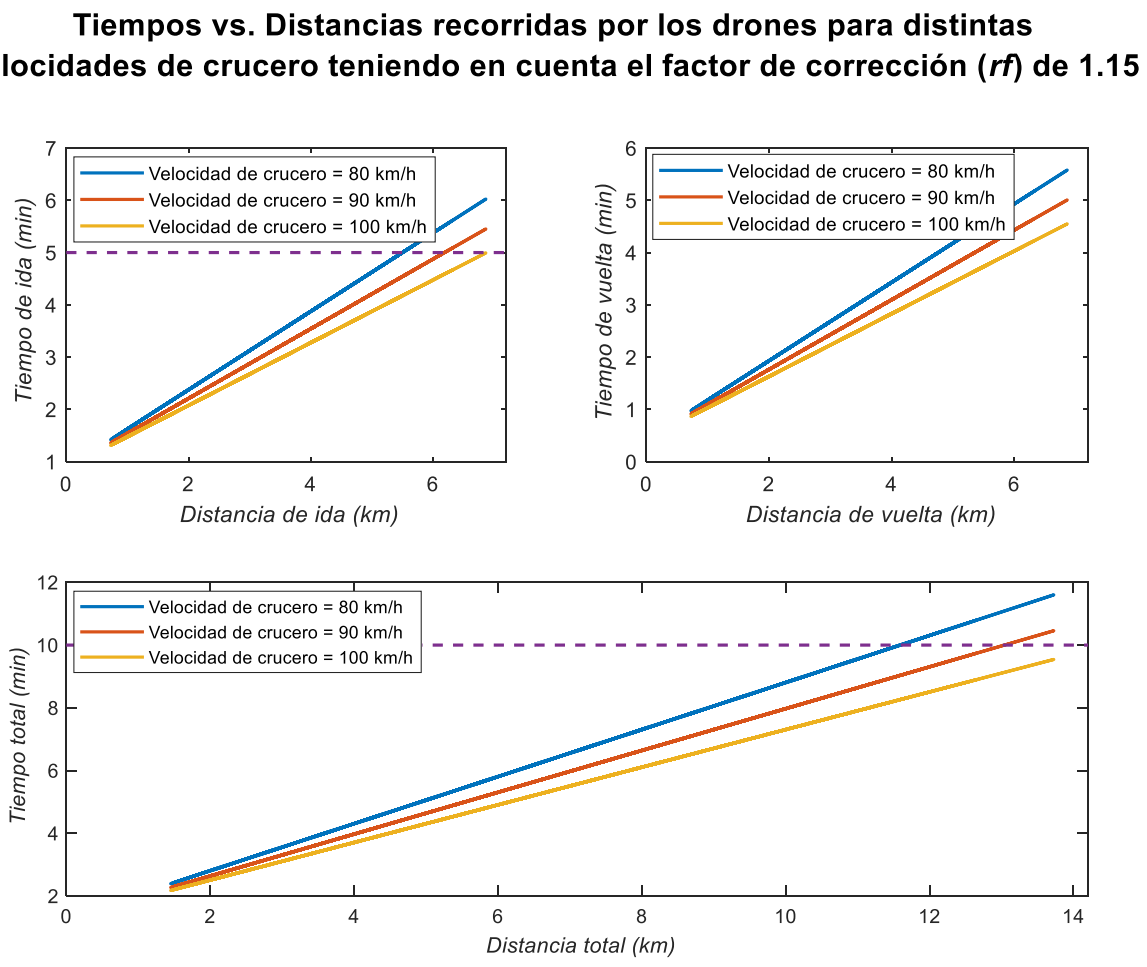


Figura 41.- Distribución de tiempos de vuelo en el viaje de ida, de vuelta y total. Fuente: Elaboración propia.

Se observan tiempos de vuelo máximos entre 5 y 6 minutos de ida y entre 9,5 y 11,6 minutos sumando la vuelta. Dependiendo de la distancia a la que se encuentre el hub, se requerirá una mayor velocidad del dron, o menor. El objetivo fijado será que el dron no tarde más de 5 minutos en el viaje de ida nunca. Además, en momentos en los que la demanda sea alta y se requiera una alta disponibilidad de drones, el tiempo de vuelo total deberá estar por debajo de los 10 minutos. De forma que un dron podrá efectuar ~6 vuelos por hora cambiando las baterías.

Por último, en simulación a un escenario real, los comercios podrían estar a una distancia de hasta 160 metros (sin contar con el trayecto para subir el paquete desde abajo hasta el techo del centro comercial). Esta distancia máxima, recorrida andando a 5 km/h, resultaría en ~2 minutos. Añadiendo un minuto más contando con el tiempo que se puede tardar en subir el paquete, resultaría en ~3 minutos en total. Se dará un margen inferior y superior de 1 minuto, por tanto los tiempos irán desde 2 hasta 4 minutos como mucho. Se denominará t_p ($t_p \in [2,4]$). Este tiempo será considerado para hacer las estimaciones de tiempos más realistas. Desde que el paquete sale del comercio hasta que el paquete

es entregado al cliente. Se obtendrían los siguientes resultados:

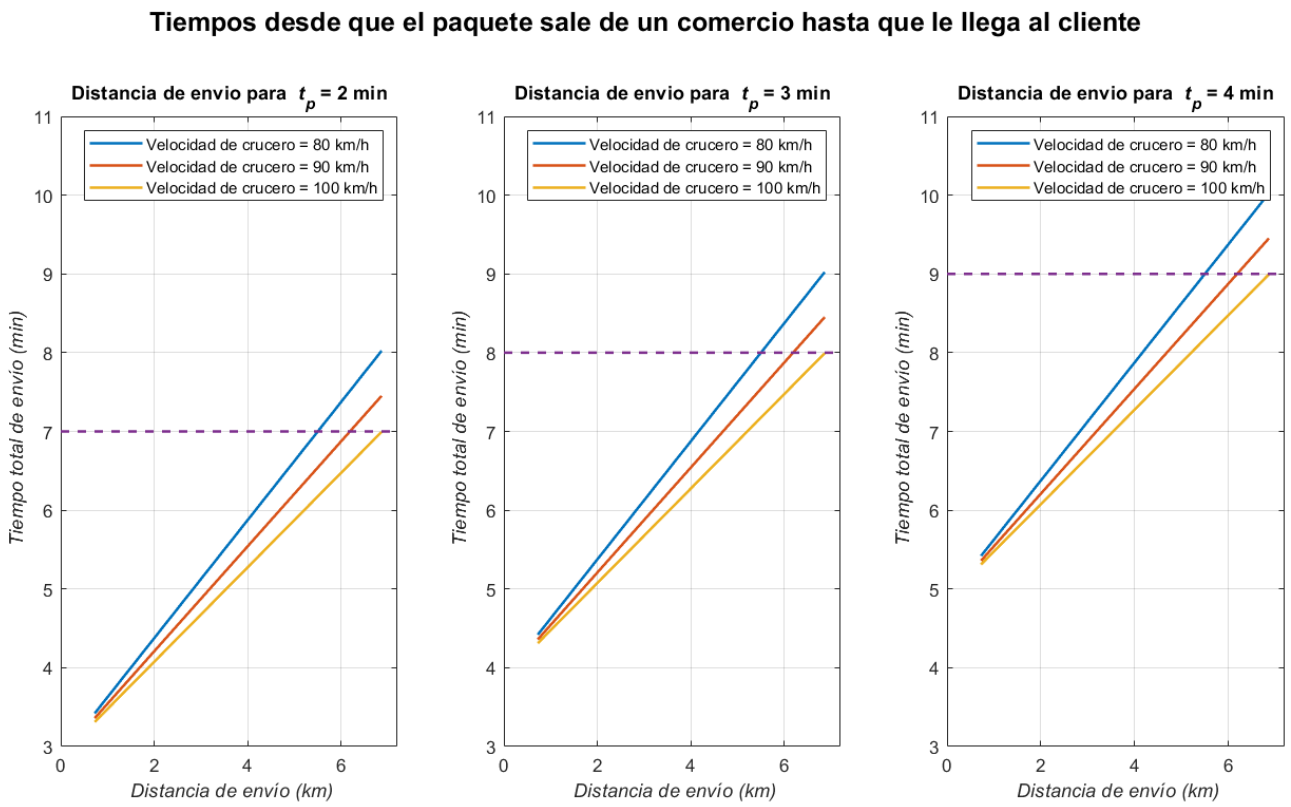


Figura 42.- Tiempos de envío. Fuente: Elaboración propia.

Cabe destacar que los tiempos de vuelo, para que este servicio sea lo más atractivo posible, deben ser los mínimos posibles. Por ello se ha decidido poner el límite de tiempo en 10 minutos desde que el paquete sale del comercio hasta que le llega al cliente. Por defecto el dron volará a 80 km/h para lograr una mayor vida útil, estresando a los componentes lo mínimo posible. La velocidad se ajustará dependiendo de la distancia. Según el tiempo que se tarde en llevar al paquete al dron, se tendrán tiempos de envío límites de 7 minutos hasta 9 minutos. Teniendo en cuenta el límite expuesto de 5 minutos para el tiempo de ida de vuelo del dron.

Los tiempos de vuelo medios, quedarían de la siguiente manera:

	Tiempo de ida (t_i)	Tiempo de vuelta (t_v)	Tiempo total (t_t)
$V_c = 80\ km/h$	3,48 min	3,04 min	6,52 min
$V_c = 90\ km/h$	3,19 min	2,75 min	5,94 min
$V_c = 100\ km/h$	2,96 min	2,52 min	5,48 min

Tabla 15.- Tiempos medios (en minutos) de viajes de ida, vuelta y totales dependiendo de la velocidad de crucero. Fuente: Elaboración propia.

El valor del tiempo de vuelo total de 5,94 será aproximado por 6 minutos. Será muy útil para cálculos posteriores. Por último, los tiempos medios de entrega se verían incrementados en 3 minutos teniendo en cuenta el tiempo desde que se transporta el paquete desde el comercio hasta el dron.

6. Costes del proyecto

Los costes son un factor fundamental para anticipar si el negocio puede o no ser rentable, y si los clientes estarán dispuestos a asumirlos o no. Se tratarán de analizar los costes más representativos que tendrá el proyecto según los 3 escenarios de demanda ya planteados. Habrá determinados costes que varíen según la demanda (variables) pero otros no se podrán adaptar a ella (fijos). Se supondrá que el proyecto en la Comunidad de Madrid podría ser complementado con otras localizaciones que gestione la misma empresa. Estas localizaciones podrían ser en la costa española, enfocándose más a operaciones en el verano, como Marbella u otras ciudades como Barcelona, Bilbao o Valencia donde los niveles de renta también son elevados. Las Islas baleares y Canarias podrían también ser destinos atractivos.

Por ello, se le va a atribuir al proyecto de la Comunidad de Madrid un porcentaje de los gastos de gestión del proyecto. Tanto a nivel directivo como de Marketing u otras áreas. Teniendo en cuenta lo anterior, los costes serán divididos de la siguiente manera:

I. Costes operacionales

Estos son los costes de las operaciones en la Comunidad de Madrid. Engloban los drones y su mantenimiento, salarios del personal, infraestructura necesaria y otros costes como meramente atribuidos a las operaciones en las zonas estudiadas. Estos costes podrán ser fijos o variables, y son costes directos, afectos a la actividad.

II. Costes de estructura

Estos costes son los referentes al equipo de la empresa que se encarga de tareas como dirigir (*CEO*) o de marketing. También el gasto en equipos de trabajo, las oficinas o subcontrataciones de otros servicios necesarios como el desarrollo de la *App*. Hay que destacar que esta empresa contará con un modelo de trabajo híbrido con un gran enfoque en el teletrabajo para ahorrar costes y mantener a los empleados con un buen estado de ánimo. Según un estudio (2021) de *Ivanti* (plataforma de automatización) el 63% de los empleados prefiere el teletrabajo a un ascenso. Según la red de *LinkedIn* (2021) el 40% de los trabajadores españoles prefieren un modelo híbrido frente a un 25% que lo prefieren completamente remoto. Por estas razones un modelo híbrido se considera el más adecuado que ayudará a abaratar costes. De nuevo, estos costes serán fijos y variables, y serían costes indirectos.

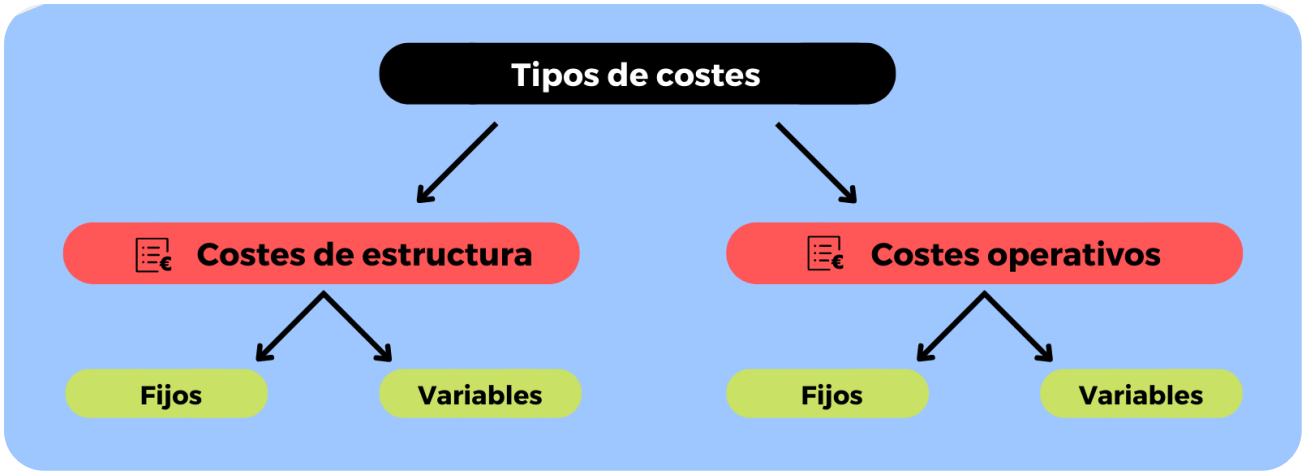


Figura 43.- Clasificación de los costes del proyecto. Fuente: Elaboración propia.

En la figura anterior se resumen los tipos de coste que tendrá este proyecto, como ya se han descrito. Para estimar los costes del proyecto, primero se va a realizar un análisis individual de cada parte de la que se componen los costes totales. Luego, teniendo en cuenta diversos escenarios de demanda estimada, se pondrán en común todos estos costes para analizarlos anualmente.

6.1. Costes operativos

Estos costes son los costes directos debidos a las operaciones en la Comunidad de Madrid. Son los más importantes de estimar y por ello se les dará una mayor importancia en este trabajo. Se recorrerán los principales costes uno a uno.

6.1.1. Costes de adquisición del *UAV*

Los costes iniciales de un proyecto de esta magnitud no son bajos. Al contrario de lo que ocurre en otras plataformas de envío de comida a domicilio u otros productos donde son los trabajadores por cuenta ajena los que necesitan hacer la mayor parte de la inversión (bicicletas, *scooters*...), en este caso la inversión la llevaría la empresa.

El precio de los drones no es sencillo de estimar, pues hay numerosos tipos de drones y su precio varía en rangos bastante grandes, dependiendo de sus características técnicas, el software que incorporan u otras características. Según *Ark Invest*, el precio de un dron podría estar entre los $3000 y los $5000 contando con los costes de adquisición ($1000-$3000) y el software y mantenimiento ($2000), dando a

una media de costes de adquisición y mantenimiento de $4000 [52]. Por otra parte, existen drones como el *Albatross* (Ala Fija) o el *DeltaQuad* (híbrido) que se venden por precios de en torno a los 9000€ el primero y 10.000-20.000€ el segundo. Pero estos son más grandes y cuentan con rangos mayores de los necesitados, pudiendo volar hasta 110 minutos o 100 km, aunque no es un dron autónomo. Contactando al último vendedor, *DeltaQuad*, ha informado que ofrece el mantenimiento necesario tras 200 y 600 ciclos de vuelo. Ofrecen también descuentos por pedidos grandes y sus drones están diseñados para aguantar grandes cantidades de ciclos siempre y cuando se siga adecuadamente con su programa de mantenimiento según la compañía. Otro dron que podría emplearse, con sus debidos cambios, sería el *WingtraOne* cuyo precio es de alrededor de 20.000€ (facilitado por la compañía) pero cuenta con un tiempo de vuelo de nuevo mucho mayor al requerido (50-55 minutos). Por último, en otro análisis, se tienen en cuenta factores como la envergadura, tiempo de vuelo o el si es o no autónomo para estimar cual podría ser el precio del dron. En este caso, tomando un dron autónomo con una envergadura de 1.3 m y un tiempo de vuelo de 25 minutos, el precio objetivo del dron se situaría en los $15.800 [53].

Efectuando una tabla en la que se resumen las principales características junto con los precios de mercado que tienen cada uno de estos drones, se llegaría a lo siguiente:

Dron	Tipo de dron	Autonomía con MPL (minutos)	Velocidad de Crucero (km/h)	MTOM (kg)	MPL (kg)	Capacidad Baterías	Precio ($)
DeltaQuad Pro	Híbrido (autónomo [VI])	110	60	6,2	1,2	23,000 mAh (4S)	10.000-20.000
WingtraOne	Híbrido (autónomo [VI])	50	57,6	4,5	0,8	198 Wh	21.500
DJI M600 PRO (TB47S)	Multirrotor (autónomo [I])	26 [II]	65 [III]	15,1	6	27.000 mAh (6S)	6.450-7.950 [IV]
Skywalker	Ala Fija (autónomo [VI])	40	54	4,5	0,5	5.500 mAh (4S)	7.000
AKS Raven	Multirrotor (autónomo [VI])	12	28,8	8,25	1	20.000 mAh (6S)	8.500
Trinity F90+	Híbrido (autónomo [VI])	90	61,2	5	0,7	12,000 mAh (6S)	20.000
SkyEye Sierra VTOL	Híbrido (autónomo [VI])	120 [V]	65	13,5	3	24.000 mAh	40.000
Estimación J. Zhang [34]	Hibrido	20	80	8	2	-	15.800
Altura Zenith ATX8	Multirrotor	17	18 (Max. 72)	9,65	3	20.000 mAh (6S)	~20.000 [54]
Astro	Multirrotor	25	25,2	6,695	1,5	14.600 (21,6 V)	12.495-16.000
FIXAR 007 +	Híbrido	60 [VII]	72	7	2		24.639 (€)

[I] Añadiendo el Manifold 2 (de *DJI*) se daría dotaría de cierta autonomía al dron por alrededor de 1.500€

[II] Teniendo en cuenta una relación lineal entre carga de pago y alcance, contando con una carga de 2 kg. Con MPL, la autonomía son 16 minutos y sin PL son 32 minutos

[III] Máxima velocidad, sin datos sobre la velocidad de crucero

[IV] Atyges, Droneprix, IndiaMart

[V] Con carga de pago de 0,5-1 kg

[VI] Son autónomos pero no todos al mismo nivel. Varía según el tipo de dron y su aplicación

[VII] Máxima autonomía (sin carga de pago)

Tabla 16.- Precios y características técnicas de distintos drones. Fuente: Página web de Deltaquad; Equipo de ventas de Wingtra; Diferentes páginas web de ventas; Equipo de ventas del SkyEye Sierra VTOL; Tienda Freefly.

Cabe destacar que cada fabricante determina unos tiempos de vuelos teniendo en cuenta características idóneas en el ambiente, y diferentes cargas de pago. Por otra parte, los drones señalados como autónomos pueden o no contar con la capacidad para efectuar algunos tipos de operaciones. El *software* que lleve cada uno puede ser más o menos avanzado, aunque seguramente lo sea menos de lo que se

requeriría en un dron para *delivery*.

Los precios van desde tan solo $6.450 hasta en torno los $40.000 para un dron con características similares pero lejos de ser exactas a las buscadas. La mayor parte de los drones autónomos se encuentran en el rango de los $20.000. En el caso de los drones *DeltaQuad* y *WingtraOne* en los precios del dron estaría incluida parte del mantenimiento, en el primer caso hasta los 600 ciclos. Pero estos drones cuentan con softwares muy avanzados para sus principales aplicaciones: mapeos de terreno. Por otro lado, la estimación de *J. Zhang* [39] tiene un precio objetivo algo menor y que se considera más razonable sin ser demasiado optimista. La mayoría de estos drones no incluyen aplicaciones de *delivery* y están enfocados a otras aplicaciones para las que también se requiere un software complejo. Se podría estimar que el coste del desarrollo de un software de un dron autónomo para el mapeo de terrenos (junto a otros requerimientos) podría ser similar a la de un dron autónomo para delivery, aunque aquí falta información para asegurar esta hipótesis.

En cualquier caso, los drones híbridos de la tabla en general cuentan con autonomías mucho mayores a las requeridas, aunque suelen ser algo más ligeros que el dron buscado. Si el fabricante hace un descuento de un 5% por la compra de varias unidades, se podría dar como bueno, al cambio, un precio de 20.000€ por cada dron adquirido, siendo menos conservativo que en alguna estimación como la de *Ark Invest* en la cual estiman un precio de en torno a los $4.000 por cada dron incluyendo mantenimiento. En este precio podría estar incluido el mantenimiento hasta los 600 ciclos, como ya se ha comentado que ofrecen compañías como *DeltaQuad*.

Determinado el precio de un *UAV* se necesitan saber cuántos serían necesarios para atender la demanda estimada. Se ha visto como cada dron puede efectuar un viaje de ida y vuelta en tan solo 10 minutos (como máximo). De media, estos viajes son de 5,5 minutos si el dron vuela a 100 km/h, que será la velocidad que usaremos para analizar el peor escenario posible en el que se requiera una alta demanda. Ya se han definido las horas de máxima demanda, siendo las cenas (20:00-23:00) con el 62% de los pedidos totales y las comidas (13:00-16:00) con el 25% de los pedidos. Si se es capaz de atender la demanda de las cenas se será capaz de hacerlo con las comidas y cualquier otro momento, por ello estimaremos que en una franja entre las 20:00 y las 23:00 se concentrarán el 62% de los pedidos y el tiempo que tardará cada dron en completar cada uno será de 5,5 minutos. Equivaldría a 10,9 pedidos por hora. Aunque, para ser conservativo se tomarán 10 pedidos por hora por cada dron.

Teniendo en cuenta las estimaciones de demanda en fines de semana (mayores que entre semana) y que entre las 20:00 y las 23:00 se efectuarían el 62% de los pedidos de comida a domicilio del día (Suponiendo una demanda uniforme a lo largo de esas horas). En el caso de los pedidos de *E-commerce*, se supondrá que la demanda es uniforme a lo largo del día y esta franja representa alrededor del 25%

de las horas de operación.

	Demanda de pedidos en 3 horas	Número de drones necesarios
Escenario pesimista	230	8
Escenario medio	344	12
Escenario optimista	457	16

Tabla 17.- Número de drones necesarios dependiendo del escenario de demanda anticipada. Fuente: Elaboración propia.

Pero este análisis tendría en cuenta un tiempo justo de 6 minutos entre cada pedido. La adquisición de más drones, no conllevaría costes adicionales si se les da un menor uso. Los drones tendrán un número de ciclos promedio que se podrán usar, por lo que es mejor adquirir más drones para estar seguros de que se satisface la demanda correctamente y el consumidor queda contento con el servicio. El único inconveniente será el pago del seguro, que será más elevado al contar con una flota más grande. Los pedidos pueden concentrarse de forma más agresiva en festividades o pueden aparecer fallos en los drones y no estén disponibles en cierto momento. Si se adquieren 20 drones, teniendo en cuenta que en todo momento hay 4 drones en un centro de mantenimiento o inoperativo, se podría efectuar 1 pedido cada ~23 segundos, un dato que se considera suficiente. Si se tuvieran todos los drones operativos, se dispondría de una sobrecapacidad del 31% sobre la máxima en horas puntas (cenas) en días los días más concurridos (fin de semana) y escenario más optimista. Estos se distribuirían uniformemente en los hubs según la población de cada zona.

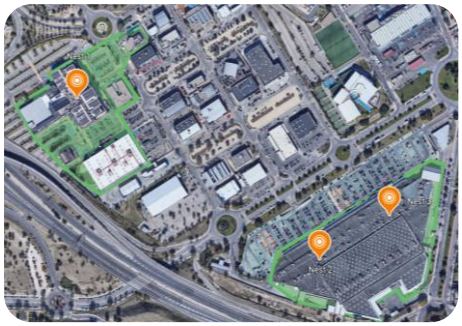
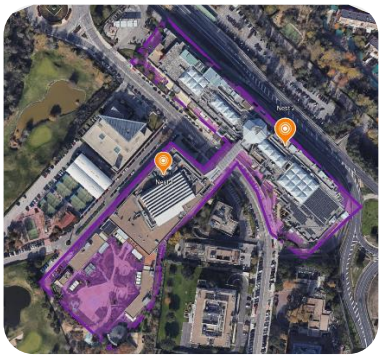
Equinoccio y Centro Comercial Centro Oeste (Zona 1)	La Moraleja Green (Zona 2)	Heron City (Zona 3)
		
10 drones	4 drones	6 drones

Tabla 18.- Drones requeridos según la zona. Fuente: Elaboración propia.

Cabe destacar que, en función de cómo se desarrollen las operaciones se podrán trasladar drones de unos *hubs* a otros.

6.1.2. Costes de mantenimiento y reemplazamiento de los *UAS*

En cuanto al mantenimiento, las estimaciones son algo más complicadas de efectuar. Los problemas que puedan aparecer pueden ir desde los 2 dígitos o hasta casi los 4 dígitos (reemplazo de varias baterías). Existirán varios tipos de mantenimiento que los propios trabajadores puedan hacer, pero otros tipos de mantenimientos más especiales tendrán que ser llevados a cabo por el fabricante de los drones. Aunque bajo normativa *EASA*, el propio operador de *UAS* bajo el apropiado entrenamiento y capacitación a los empleados por parte del fabricante, podría desarrollar las tareas de mantenimiento. Cabe destacar que las baterías no se incluirán en el gasto de mantenimiento, irán aparte.

La fiabilidad de los UAV todavía está lejos comparada con la aviación civil comercial. Por poner en contraste los números, en la aviación convencional, la tasa de fallo (*failure rate*) es de $1/10^5$ mientras que en los UAV en general es de $1/10^3$ de acuerdo con un estudio elaborado gracias a los datos proporcionados por *Barnard Microsystems Inc* [27]. Aunque esto englobe todo tipo de drones, es demasiado alta. Estos números, dependiendo de las operaciones de los *UAV* serán mayores o menores. En el caso de una inspección en zonas lejos de civiles se podría prever un número de estas magnitudes. Sin embargo en el *drone delivery* serían inadmisibles al estar volando por encima de las carreteras y población suburbana. Por tanto las exigencias de fiabilidad tendrán que ir acordes a un buen mantenimiento de los drones y también la existencia de sistemas duplicados. Se comentará más adelante.

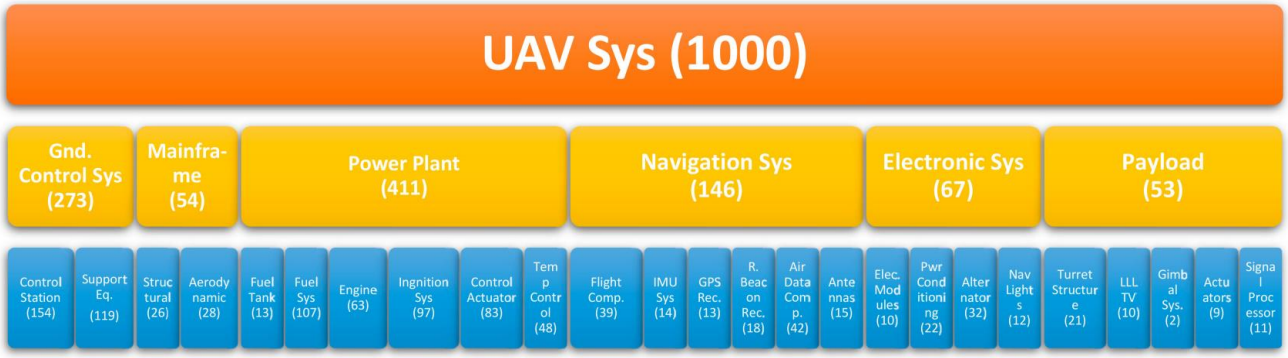


Figura 44.- Distribución de tasas de fallo según subsistemas en UAVs cada 1.000 fallos. Fuente: Barnard Microsystems Inc. [13].

De esta información se observa como la planta de potencia del dron es la que más fallos supone,

necesitando por ello motores fiables. Por otro lado se requieren comunicaciones fiables con el control en tierra y un software de los drones muy avanzado en cuanto a sistemas de navegación se refiere. Por último el sistema de carga del pedido es crucial, para evitar que a un cliente no le llegue el paquete o lo haga de forma defectuosa. Este sistema de carga de pago podría integrarse dentro del propio dron como lo hace *Manna* (menor riesgo pero seguramente mayor coste) o fuera del dron como en el caso de *Wing* (mayor riesgo pero seguramente menor coste).

De acuerdo con el estudio anterior, el tiempo medio de un fallo (*MTTF*/*MTBF*) en cualquiera de los sistemas del dron especificados en la tabla anterior en un dron comercial se sitúa en 33.079,5 horas. Es decir, en un dron que efectúa vuelos de 6 minutos de media, no se esperaría ver un fallo hasta llegar a los ~330.795 vuelos. Un dato muy positivo.

Para el caso estudiado se estaría hablando de que no habría ningún fallo en un dron hasta dentro de ~41 años en el caso más optimista de escenario de demanda teniendo en cuenta que cada dron de los 20 adquiridos vuela las mismas veces. Un resultado que puede ser demasiado optimista. Esto únicamente se consigue con drones que tengan sistemas duplicados para mejorar la seguridad además de componentes de elevada calidad.

En otro estudio similar, probabilístico también se estiman un *MTTF* de 26.809 – 35.423 horas [55]. Por tanto se podría hacer uso de una *MTTF* de unas 26.000 horas siendo conservativos acorde a los datos proporcionados. Es decir, la vida útil del dron seguramente pueda ser como mínimo la del *MTTF*. Equivaldría a unos 260.000 vuelos por cada dron hasta el fallo. Un dato muy positivo también. En el caso de *Manna* su *CEO* afirma que sus drones tienen una fiabilidad del 99,999%, o dicho de otra manera, una *failure rate* de $1/10^5$ como ocurre en la aviación comercial [23]. *Manna* lo consigue mediante la existencia, entre otras cosas, de sistemas duplicados y de seguridad como una batería de emergencia y 2 paracaídas.

Los servicios de mantenimiento proporcionados por los vendedores varían bastante. En el caso de otro dron de ala fija, el *eBee X* de la compañía *senseFly* un servicio de mantenimiento es programado cada 100 horas de vuelo. En nuestro caso esto podría equivaler (teniendo él cuenta el tiempo medio de vuelo de un dron de ~6 minutos) a 1.000 ciclos (vuelos). El dron se enviaría al distribuidor oficial, pero el coste es a cargo del cliente no como en el caso anterior. Cuenta con 1 año de garantía y posteriores revisiones fuera del año de garantía no son obligatorias, aunque recomendables. Un servicio similar aplica al dron de la empresa *Wingtra*. En el caso de *DeltaQuad*, como ya se ha resaltado, se proporciona un mantenimiento a los 200 y 600 ciclos. Por otro lado, el fabricante del *DeltaQuad* cuyo coste rondaría los $10.000-$20.000, cuenta con un servicio de mantenimiento con precios que van desde los 1.000€

hasta los 1.200€. Este ha sido directamente facilitado por la compañía. Depende del tipo de reparación o de reemplazamiento. Esta información ha sido directamente aportada por el equipo de ventas. Se podría estimar que se requiere un mantenimiento detallado cada 400 ciclos y que este tendrá un coste entre $1.000 y $1.200 ya mencionado.

Por comparar estos precios de mantenimiento con los ofrecidos por *DeltaQuad*, se ha analizado otro fabricante. De acuerdo con la compañía *AUAV* uno de sus drones adquiridos, un *Workhorse* de ala fija, por valor de $25.000 tuvo unos costes de mantenimiento de entorno al 40% del precio de venta en sus primeros dos años (excluyendo las nuevas baterías). Es decir, un coste del 20% anual en sus primeros dos años. Estos problemas tuvieron que ver principalmente con el piloto automático, que compuso un 40% de los costes de mantenimiento totales excluyendo las baterías [56]. El propio fabricante de drones además ofrece un servicio de mantenimiento por un coste del 44% del precio de venta por año.
En los manuales de los fabricantes, también se explica cómo llevar a cabo el mantenimiento más ocasional. Este, como se comentará más adelante será llevado a cabo por los pilotos de *UAS* y demás personal, que contarán con la formación necesaria para ello. El mantenimiento más importante en ocasiones también podrá llevarse a cabo por el personal, pero habrá ocasiones en las que deberá ser delegado a los distribuidores y fabricantes.

Se estimarán los ciclos de cada dron de acuerdo con el número de drones que se han adquirido y con el análisis de demanda. Entre 400 ciclos (*DeltaQuad*) y 1.000 ciclos (*eBee X*) existe una gran diferencia. La media ascendería a 700 ciclos, que parece un valor razonable. Pero parece más correcto el requerir el mantenimiento cada ciertas horas que cada ciertos ciclos, ya que puedes hacer 100 ciclos de 5 minutos cada uno o 100 ciclos de 60 minutos cada uno. En el caso del *DeltaQuad*, con autonomías cercanas a la hora, parecería menos correcto el mantener las unidades cada 400 ciclos. Por ello, la estimación por horas del *eBee X* será la empleada para estimar los costes del mantenimiento.

El mantenimiento más básico como el cambio de los rotores, inspecciones de los elementos y limpieza de los dispositivos será llevado a cabo por el personal. La empresa soportará el coste de los materiales (cuando sean necesarios), y la mano de obra, que estará incluida en los salarios de los pilotos y trabajadores. Por lo que solo el mantenimiento más complejo será delegado al fabricante y podrá ser cada mayor número de ciclos. Se considerará cada vuelo como un ciclo y tiempos medios de vuelo (para el caso con velocidad de crucero de 90 km/h) de 6 minutos. El mantenimiento podrá ser:

I. Mantenimiento profesional (llevado a cabo por el fabricante)

Cada 2.000 ciclos (200 horas de vuelo) se tendrán que enviar las unidades al fabricante para que este

realice el mantenimiento más especial que requiera de máquinas propias y conocimientos más técnicos. Se han tomado 2.000 ciclos ya que estas compañías suponen que el usuario únicamente podrá llevar a cabo las actividades más básicas de limpieza, pero no es el caso como se describirá más adelante. Entre estas actividades podrían estar el cambio partes delicadas del dron como el controlador de velocidad electrónico (*ESC*) o zonas muy difíciles de acceder que hayan sido dañadas. También se cambiarán, en caso de fallos, los sistemas de piloto autónomo o los sistemas de comunicación.

II. Mantenimiento ocasional (llevado a cabo por los trabajadores propios)

Diariamente se llevará a cabo el mantenimiento más usual, cuyas actividades serán:

- Revisión visual para tratar de encontrar grietas o desperfectos
- Cambio de los rotores y hélices
- Actualización del *firmware* de los drones
- Limpieza y chequeo visual de todas las partes sensibles que sean factibles de incubar grietas por fatiga (zona en contacto directo con la superficie de aterrizaje por ejemplo)
- Chequeo y reemplazos del cableado cuando sean necesarios

Se pueden estimar estos costes como la mitad de los que se tendrían si se llevara el dron a mantener a las instalaciones del fabricante, es decir, 500€ cada en vez de 1.000€. Las herramientas que se necesiten serán muy básicas y estarán incluidas en el precio de compra de los *UAS*.
Por otro lado, los drones tendrán que ser reemplazados cada cierto tiempo. Diversos *blogs* sugieren que los tiempos de vida pueden ir desde las 150 horas hasta las 800 horas. Estos son *blogs* dedicados a drones menos comerciales y más de usuario esporádico, como un *DJI Mini*. Los drones comerciales son más caros y su diseño es y fiabilidad son mayores. Sin embargo, *DeltaQuad*, afirma que sus drones pueden aguantar un tiempo "ilimitado" siempre y cuando el mantenimiento sea el adecuado. Compañías como *Wing* reemplazan sus drones cada cierto tiempo, pero este se desconoce. Se podría suponer un tiempo de vida útil de 2.500 horas teniendo en cuenta que el mantenimiento será exigente y periódico. Para poner los números en contexto, un avión comercial puede tener una vida útil de 50.000 horas / 75.000 ciclos de presurización (*ARGS / Condé Nast Traveler*) que serían ~17 veces más.

Por tanto cada 2.000 ciclos (200 horas de vuelo), el coste de mantenimiento sería de 1.500€. Puesto de otra manera, cada vuelo estaría costando en términos de mantenimiento 0,75€. Cada 2.500 horas de vuelo se tendrá que reemplazar el dron. Algunos sistemas de los drones viejos podrían emplearse perfectamente por lo que los nuevos drones podrían costar un 25% menos (15.000€), añadiendo 0,6€/ciclo a los costes (1,35€/ciclo en total contando mantenimiento y reemplazamientos).

Dependiendo del escenario se llegaría a los siguientes resultados expresados en forma de costes anuales teniendo en cuenta que los vuelos se distribuyen uniformemente entre los 20 drones adquiridos:

	Ciclos de vuelo al mes	Coste del mantenimiento	Coste de adquisición de nuevos drones	Total
Escenario pesimista	6.905	62.141€	49.716€	111.857€
Escenario medio	10.160	91.432€	73.152€	164.584€
Escenario optimista	13.414	120.724€	96.581€	217.305€

Tabla 19.- Costes de mantenimiento y adquisición de nuevos drones. Promedio anual para toda la flota. Fuente: Elaboración propia.

Por último destacar que *DeltaQuad* ofrece un servicio de "*refurbishment*" llamado *TuneUp* por 1.899€ cuyo objetivo es dejar como nuevo el dron de nuevo y alargar su vida útil. Por lo que, aunque tras las 2.500 horas de vuelo se estén cambiando los drones, estos podrían seguirse usando con algunos cambios apropiados por un menor coste que el que supone la nueva adquisición, según este servicio.

6.1.3. Baterías. Elección de las características necesarias y estimación de costes

Las baterías van a ser un punto esencial a tener en cuenta, pues va a ser uno de los mayores costes operativos excluyendo al personal. Pese a que existen drones alimentados por distintas fuentes de energía, los drones pequeños, debido a su escala, son en su mayoría de propulsión eléctrica siendo las baterías su principal fuente de alimentación. Se irán estudiando los aspectos más relevantes de las baterías en las siguientes páginas.

I. Tipo de baterías requeridas

Las baterías no han parado de mejorar su densidad energética años atrás (energía que puede almacenar una batería por el volumen que ocupa). Esto, unido a unos menores costes de las baterías, han hecho que el mercado de los UAVs sea cada vez más sofisticado con mejores prestaciones y de mayor

accesibilidad. Aunque en la actualidad, las mejoras de precios y tecnología se han estancado.

La mayoría de los UAVs llevan montados baterías de Litio-Polímero (LiPo) debido en gran parte a que estas tienen una mayor densidad energética que otros tipos de batería y tienen una gran rapidez de carga. Una comparación entre distintos tipos de baterías se muestra a continuación.

	Battery Type								
	Pb-acid	NiMH	Li-ion	NiCad	Alkaline	Li-Po	Zn-O_2	Li-air	Li-$SOCl_2$
Nominal cell voltage (V)	2.1	1.2	3.6–3.85	1.2	1.3–1.5	2.7–3	1.45–1.65	2.91	3.5
Energy density (Wh/kg)	30–40	60–120	100–265	40–60	85–190	100–265	442	11 140	500–700
Power density (W/kg)	180	250–1000	250–340	150	50	245–430	100	11 400	18
Cycle life	<350	180–2000	400–1200	2000	NA, non-rechargeable	500	100	700	NA
Charge/Discharge efficiency (%)	50–95	66–92	80–90	70–90	45–85	90	60–70	93	6–94
Self-discharge rate (%)	3–20	13.9–70.6	0.35–2.5	10	<0.30	0.3	0.17	1–2	0.08
Rating	12 V 2 Ah	12 V 2 Ah	3.6 V 2 Ah	12 V 1.8 Ah	1.5 V 2.2 Ah	3.7 V 2 Ah	1.4 V 300 mAh	N/A	3.6 V 2.2 Ah
Costs (US$/Wh)*	0.6975	0.8546	0.9361	2.6778	1.6727	2.3095	0.3095	N/A	0.5492
TRL**	9	9	9	9	9	9	9	6	9

Tabla 20.- Características técnicas según el tipo de batería [57].

Se observa claramente como las baterías Li-Po tienen una combinación entre eficiencia de carga/descarga junto con densidad energética y número de ciclos muy buena, aunque su precio no es el más bajo. Se emplearán por tanto estas baterías, de las cuales se analizarán las características más importantes para el uso del *UAV* con los requerimientos de potencia ya analizados.

II. Pérdida de capacidad según los ciclos de carga/descarga

Un aspecto vital en las baterías son sus ciclos de vida. Este es un aspecto algo negativo de las baterías Li-Po, respecto a otros tipos. Analizando distintos distribuidores, aguantando de media entre 300 y 500 ciclos con una capacidad superior al 60-80%. Los resultados son los siguientes:

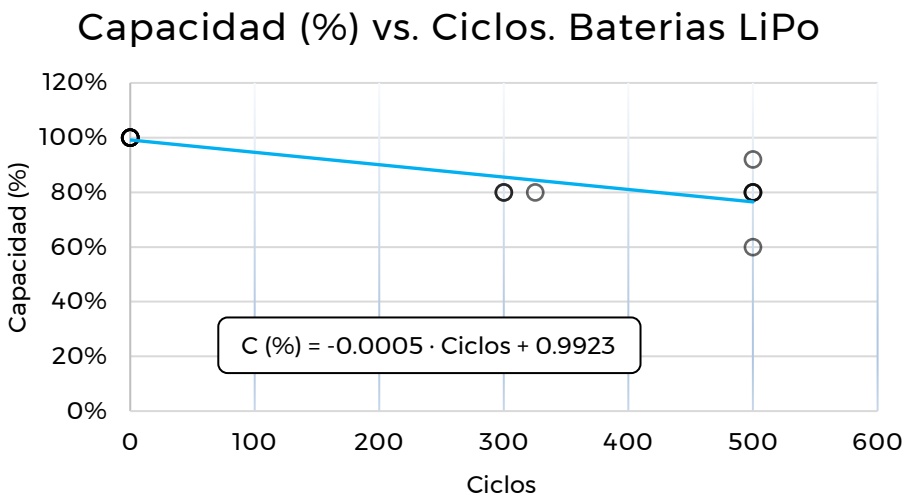


Figura 45.- Capacidad vs. Ciclos en baterías LiPo. Fuente: Honcell.com; Lipobattery.us; farnell.com; uk.rs-online.com; grepow.com; lipolbattery.com.

Teniendo en cuenta los datos de los fabricantes como precisos determinados a partir de unos 500 ciclos las baterías podrían comenzar a deteriorarse rápidamente, y por tanto, no se podrían emplear más. A partir de 500 ciclos, cuando las baterías tienen entorno a un 80% de capacidad, los drones podrían seguirse usando para trayectos más cortos mientras que las baterías en mejor estado, se podrían emplear para los trayectos más largos. De esta manera se alarga la vida útil de las baterías. Pero debido a que las estimaciones por parte de los fabricantes suelen ser algo optimistas, se va a considerar que las baterías tienen únicamente 500 ciclos máximos de uso.

Estos ciclos dependen de muchos factores, como la rapidez con las que se carguen/descarguen las baterías o la temperatura de trabajo. Mayor temperatura de trabajo y mayor rapidez de carga son factores que influyen negativamente en la vida útil de las baterías. También es importante el balanceado de las celdas en una misma batería. En las baterías que se van a emplear (Lipo 6s) se tienen 6 celdas que se deberán de cargar y descargar de forma pareja. Estos factores son importantes para conseguir una alta vida útil [58].

III. Carga y descarga. Voltaje, intensidad y capacidad

Primero se necesita determinar la capacidad de las baterías. Ya se ha analizado el consumo de energía en los diferentes vuelos que se pueden realizar que nos servirá para estimar las baterías necesarias. Las baterías LiPo más comunes en drones son las LiPo 4s (4 celdas en serie) y LiPo 6s (6 celdas en serie). A mayores celdas, mayores voltajes y por tanto esto se traduce en menores pérdidas de corriente, al necesitar menos para conseguir una misma potencia. Los drones pequeños (~1 kg) suelen montar

baterías LiPo 2s, sin embargo los drones comerciales suelen montar LiPo 4s/6s. Se emplearán baterías LiPo 6s dadas las altas necesidades de potencia que tiene el dron.

Como en el modelo de consumo de potencia no se han tenido en cuenta las fases de aceleración, o la posibilidad que el dron vuelva con la carga de pago por no poder entregar el paquete de forma segura, el consumo se podría ver incrementado. Se van a considerar que las baterías necesarias deberán tener una capacidad un 40% mayor de la requerida para enviar un producto al punto más alejado posible. Además se tendrá en cuenta que nunca se debe consumir más de un 80% de la capacidad total de las baterías. Esto es tanto una medida de seguridad como una medida para alargar la vida de las baterías. Se montarán dos baterías, ambas con la misma capacidad en cada dron. Las capacidad máxima necesaria acorde con los cálculos sería de 11.521 mAh. Se aproxima a 12.000 mAh (2 baterías de 6.000 mAh).

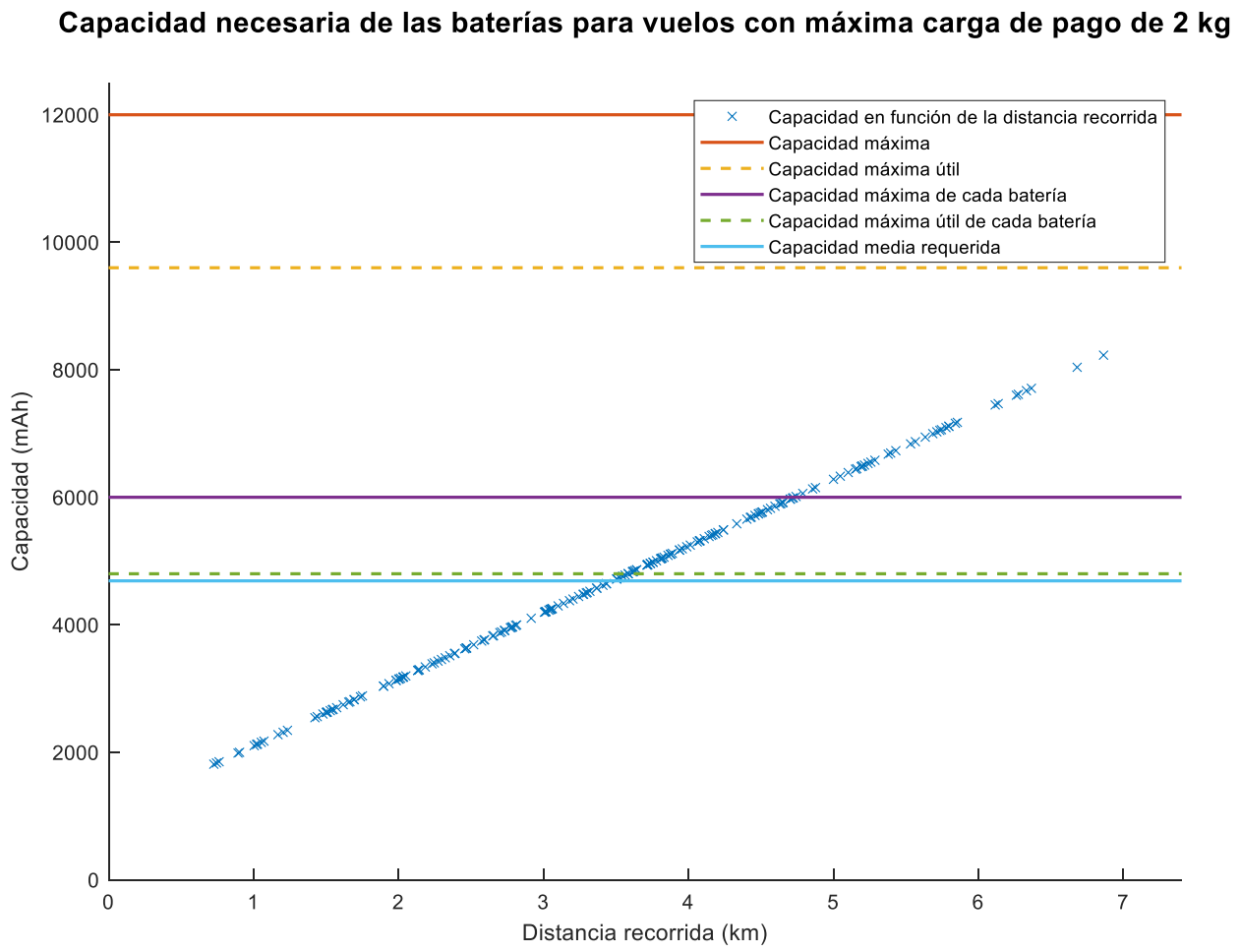


Figura 46.- Capacidad necesaria en los diferentes puntos de envío así como las capacidades máximas y útiles de cada batería. Fuente: Elaboración propia a partir del modelo de potencia.

En la gráfica anterior se aprecia como de media, solo se necesitará emplear la capacidad equivalente a la

mitad de la capacidad útil, para un vuelo con máxima carga de pago. Es decir, de media se consumirán 4.689 mAh.

Además de la capacidad, otra característica a tener muy en cuenta es la velocidad de carga/descarga. La Intensidad máxima (I_{max}) será la velocidad de carga/descarga ($V_{c/d}$) multiplicada por la capacidad de la batería (C_b)

$$I_{max} = C_b \cdot V_{c/d} \tag{17}$$

En cuanto a la velocidad de carga, una batería de 2,000 mAh cargada a 1C significaría que se cargaría en una hora con una corriente de $1 \cdot 2 = 2\ A$. Una batería de 7,000 mAh a una velocidad de carga ($V_{c/d}$) de 3C se cargaría en 20 minutos (1/3 horas) con una corriente de $3 \cdot 7 = 21\ A$.
Esta última batería, si dispone de una capacidad de descarga máxima de 5C, sería capaz de proporcionar al motor $5 \cdot 7 = 35\ A$ durante 12 minutos (1/5 horas). Una velocidad de carga muy rápida podrá afectar negativamente a la vida de las baterías. Por ello las baterías, acorde con algunos fabricantes como *Honcell*, no se cargarán a más de 0,7C aunque esto suponga un mayor tiempo de carga (a 0,7C, se tardarían 1 hora y 26 minutos en cargar cada batería). Se compensará adquiriendo un mayor número de baterías.

En cuanto a la velocidad de descarga, se requerirán velocidades mayores a 1C. Por ejemplo, si se usan empujes del 80% de los máximos en vuelo vertical (considerando los *Antygravity MN5006 KV300 P18*6.1*), se necesitarían 95,12 A para los 8 rotores y se conseguirían aceleraciones sin tener en cuenta resistencia aerodinámica de 11,56 m/s^2, un valor muy elevado pero que podría ser alcanzado. Teniendo una capacidad de 12.000 mAh, una descarga a 1C podría proporcionar una intensidad de 12 A. Si se necesitan 95,12 A, se requerirían velocidades de descarga de 7,93C. Por otro lado, considerando la potencia consumida en ascenso para una carga de pago de 8 kg, acorde con el modelo de potencia, se necesitaría una velocidad de descarga de 6,26C (cada rotor necesitaría 7,507 A de intensidad). En cuanto a la velocidad de descarga, fabricantes y usuarios recomiendan una velocidad máxima de descarga del doble sobre la que normalmente se estará usando. Por ello, se podría establecer el límite de descarga en 15C.

IV. Precios de mercado de las baterías LiPo y su capacidad. Elección de las baterías

El precio es también difícil de estimar. Se han analizado varios precios procedentes de diferentes fabricantes bastante reconocidos llegando a:

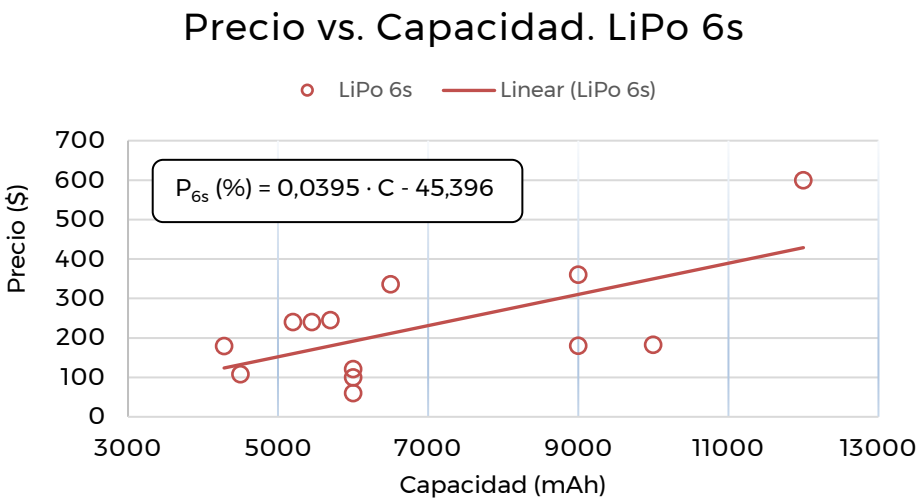


Figura 47.- Precios de las baterías LiPo 6s según su capacidad. Fuente: diferentes fabricantes (DJI, HRB, Tattu, ZYE, Desire entre otros).

Otros datos no incluidos en este gráfico son los proporcionados por el equipo de ventas de *Honcell* (un fabricante grande e importante). Para unas baterías LiPo 6s de 5000 mAh, el precio por unidad sería de $108, algo menor que el precio estimado con la regresión que sería de unos $152. Aunque la cantidad mínima de unidades a pedir son de 2.000, lejos de las necesitadas. Otra información proporcionada por el fabricante fue para las baterías LiPo 4s de 10.000 mAh cuyo precio sería de $141 y su pedido mínimo de 3.000 unidades. De nuevo menor que el estimado por la regresión lineal ($280). Ambas baterías poseen una descarga de 3C, menor a la requerida de 15C.

Vistos estos datos se podría hacer una buena estimación. Los precios podrán ser claramente más baratos que los expuestos en la gráfica anterior si se lleva a cabo una compra de una cantidad más apreciable de baterías. Debido a que el uso de baterías va a ser bastante extensivo, no importa que la adquisición de estas sea algo superior a la necesitada, pues se pueden guardar de forma segura durante meses sin una pérdida apreciable de capacidad. Según *Zeus Battery products* (zeusbatteryproducts.com) si la batería se almacena a 25ºC durante 1 año, la pérdida de capacidad sería del 4%. Esta pérdida aumenta exponencialmente con la temperatura de almacenamiento. Se considerará prácticamente despreciable.

De acuerdo con la regresión lineal anterior y aplicando un descuento del 10%, se podría llegar a un precio objetivo por par de baterías de $345 que se aproximará por 345€ siendo conservativo. Teniendo en cuenta que en un pedido medio se consumen 4.689 mAh y que se debe ser capaz de atender la demanda a las horas puntas, se podrá estimar la cantidad de baterías necesarias para afrontar los picos de demanda en cada escenario de demanda ya descritos. Se considerará que se consume la capacidad útil de una batería (4.800 mAh) en cada vuelo y que no se pueden cargar durante el periodo de 3 horas

de mayor demanda para ser conservativos. Al llegar a este periodo, todas las baterías estarán cargadas.

	Número de baterías mínimo requeridas	Ciclos totales que se podrán efectuar [1]	Días hasta el cambio de las baterías [1]	Coste anual
Escenario pesimista	230 (39.675€)	115.000	507	28.598€ [2]
Escenario medio	344 (59.340€)	172.000	515	42.128€ [2]
Escenario optimista	457 (78.833€)	228.500	519	55.690€ [2]

[1] Estimando que se consumen 4.800 mAh por cada ciclo y considerando la vida útil de las baterías de 500 ciclos

[2] Se tiene en cuenta el reemplazamiento de baterías en el cálculo del coste anual

Tabla 21.- Baterías necesarias según el escenario de demanda. Fuente: Elaboración propia.

De esta manera se podría atender toda la demanda a cualquier hora del día, siendo conservativos sin contar con que las baterías se puedan cargar en los momentos de mayor demanda. Para estimar el coste de carga de las baterías, se necesita saber el precio por kilovatio hora en España. Actualmente este precio se mueve entre los ~0,15 €/kWh y ~0,35 €/kWh (Junio 2022). Pero al tener la suficiente capacidad de baterías se podrán seleccionar fácilmente las horas en las que se quiere cargar las mismas, reduciendo los costes. Siendo conservativo, se puede coger un valor de 0,25 €/kWh. Con un consumo de 4.800 mAh de media por vuelo, el coste iría desde los 2.207€ hasta los 4.288€ (0,02664 €/vuelo). El coste de las baterías promedio por envío será de ~0,36€.

6.1.4. Redes *LTE* para las comunicaciones

Los drones van a estar transmitiendo al centro de operaciones una enorme cantidad de datos, por lo que es necesario analizar los costes de estas comunicaciones. Las redes *LTE* ya se ha comentado como son más seguras y por tanto un medio adecuado para las comunicaciones evitando actores que puedan hackear los UAVs. Los datos transmitidos en un dron de estas características se pueden estimar. Ya se ha comentado como la empresa *Wing* no transmite los datos de video a los pilotos de *UAS*, siendo este tipo de datos los que más consumen. Pero estos datos deberán de ser almacenados por si se requiere para alguna investigación. Según [59] para la transmisión de un video de 720p de calidad a 30 fps,

serían requeridos 5 Mbps. El límite de velocidad de subida del video se situaba alrededor de 9 Mbps. A través de 4 *Apps* diferentes, se ha podido comprobar la velocidad de subida en un teléfono móvil (usando la red 4G de movistar) de alrededor de 13 Mbps. Por tanto, no se necesitaría ninguna red en especial para llevar a cabo esta transmisión de datos. El *CEO* de una compañía que vende equipos para transmisión de datos LTE en un correo afirmó que los datos transmitidos podrían ser de 0,0889 Mbps. Según *BotLink* (compañía similar a la anterior) los comandos y datos de control (sin contar con el video) son de alrededor de 0,0167 Mbps. Similares ambas estimaciones.

Partiendo de la premisa que no se necesita un video con demasiada calidad y que la mayor parte de datos será la de transmisión del video, se puede tomar un consumo de 5 Mbps para la transmisión de estos al centro de operaciones. Estos serían los correspondientes al vídeo, a la posición geográfica, altura, sensores del dron y a la situación de *UAS* cercanos entre otros datos. La descarga de estos datos se hará empleando red *Wifi* de los centros comerciales. Por lo que cada vuelo consumiría, de media, 1,8 GB. En total se podrían consumir en el escenario más optimista de la demanda (441 vuelos diarios) 24.187 GB/mes. Existen ya tarifas móvil muy baratas que por 12 €/mes dispones de 100GB (Digi o Simyo). Estas incluyen llamadas y tienen velocidades mayores a las requeridas, que penas podrían llegar a los 10 Mbps. Por tanto, se podría estimar un precio de 0,05 €/GB perfectamente. A este precio se estarían gastando 14.512€ al año en el escenario más optimista de la demanda. Bastante menor a otros gastos, pero que se ha decidido tener en cuenta.

6.1.5. Contratación del personal de operaciones

Al estar tratando con vehículos que sobrevuelan entornos suburbanos, el mantenimiento y supervisión de las operaciones debe llevarse a cabo y será requerido por la *EASA*. El mantenimiento más exigente y complejo, que se lleva a cabo cada ciertos ciclos, será llevado a cabo por la empresa a la que se han comprado los drones. Este es el caso si el dron se compra a compañías como *Wingtra o Wingcopter*. Por otra parte, existirá otro tipo de mantenimiento diario por el que no se requerirá una cualificación determinada. Estos dos tipos de mantenimiento podrían asemejarse al mantenimiento de línea (más ocasional, tareas menos complejas) y mantenimiento de base (más serio y con necesidad de maquinaria y mecánicos muy especializados) en la aviación civil convencional. Según varias compañías, entre ellas *Wingcopter*, el personal no tiene que estar altamente cualificado para llevar a cabo un mantenimiento y seguimiento diario. Los tipos de personal que son requeridos serían los siguientes, con sus respectivos salarios y cualificación:

Puesto de trabajo (Número de puestos)	Descripción	Salarios (€)
Director de área (1)	Encargado de gestionar y controlar las operaciones así como gestionar acuerdos con comercios	50.000€
Piloto profesional de drones / Operario de mantenimiento certificado (3) * Tendrán conocimientos básicos de mantenimiento de *UAS*	Un operario debe supervisar las operaciones con drones y debe ser capaz mantener adecuadamente los drones (dentro de su alcance). Debe contar con las certificaciones necesarios para vuelos *BVLOS*.	150.000€
Encargados de recogida de paquetes y mantenimiento ocasional sin cualificación requerida (8) * Podrían tratarse como atención al cliente	Serán los encargados de completar el viaje de los paquetes hasta el dron y de efectuar el mantenimiento más básico a los drones, acorde con el entrenamiento del proveedor de los mismos	150.000€

Figura 48.- Salarios (sumando un 30% como coste de seguridad social y otros costes de contratación) y funciones del personal en las oficinas centrales de la empresa. Fuente: Elaboración propia a partir de salarios en Indeed y Glassdoor.

También existirá un jefe/director de área que supervise las operaciones y se encargue de crear y mantener los acuerdos con los comercios, gestione las compras del material necesario para el mantenimiento y que se involucre con la comunidad para lograr que la tecnología sea bien recibida entre otras funciones.

Según documentación de la *FAA* respecto a la aeronavegabilidad del dron *MK27* de Amazon, 20 *UAS* pueden ser operados por tan solo un solo piloto [38]. Por otra parte, el *CEO* de *Manna* afirmó en una entrevista que alrededor de 10 drones podrían ser supervisados por una sola persona. Esto nos permite la contratación de únicamente 3 pilotos (además de ser técnicos de mantenimiento) que tengan diferentes turnos de trabajo y compaginen los horarios.

Esta es la principal razón por la que, en términos económicos, se ha decidido operar en varias localizaciones, ya que permite acceder a un mayor número de potenciales clientes con el mismo número de pilotos de *UAS*. Además de supervisar los *UAS*, su tarea será la de mantener las unidades antes del comienzo de las operaciones cada día y durante tiempos en los que no se esté llevando a cabo ningún vuelo (sobre todo en días lluviosos o con mucho viento). Estos realizarán turnos de 30h semanales atendiendo todas las franjas horarias de operación e irán rotando para tener días de descanso. Por otra parte, se necesitarán 2 operarios por cada zona (6 en total) entre semana (turno de mañana y turno de tarde). Además de estos 6, se contratarán a 2 más para que puedan ir rotando sus vacaciones y días libres. Se complementarán los turnos de trabajo como sea necesario.

Se han tenido en cuenta las 13 horas de operaciones durante el día, por lo que con 8 encargados de recogida y carga de los paquetes trabajando 40 horas semanales podrían cubrirse todos las horas a la semana en las 3 zonas. Destacar que estos no trabajarían cuando las condiciones meteorológicas impidan las operaciones.

En la zona 1 (Equinoccio y C.C. Centro Oeste) en un principio al estar separados se requerirían 2 empleados al mismo tiempo. Esto incurriría muchos costes, por lo que se ha considerado que a modo de proyecto piloto en el C.C. Centro Oeste, los paquetes serán llevados hasta el dron (con el entrenamiento necesario) por parte de los empleados de los distintos comercios. Estos comercios son mayoritariamente de prendas de vestir, no tan urgentes. Por tanto la rapidez no es tan clave como en el sector de la restauración.

Resaltar que los encargados de recogida de paquetes son esenciales por el momento, aunque el objetivo será el de prescindir de ellos para abaratar costes. En el futuro, se podría proporcionar un servicio de *renting* de drones a diferentes comercios. Ellos mismos se encargarán de cambiarles las baterías, cargar los paquetes en el dron y todas las acciones en general excepto el mantenimiento. Mientras que la compañía operadora se encargará del mantenimiento y supervisar el vuelo de los drones con sus pilotos remotos. La empresa *Wing* tiene por ejemplo un sistema de transporte con *containers* (contenedores) en los que transporta todo el material necesario para el envío con drones en un espacio pequeño. Estos son llamados *nest lid*. Este es un concepto que se ha comenzado a emplear en Texas (Estados Unidos) por la compañía, donde son los empleados son los encargados de directamente cargar los paquetes y solicitar los drones. Se está haciendo en un centro comercial llamado *Walgreens* [60]. Esto es algo que se explorará más adelante en el estudio económico.

6.1.6. Infraestructura y otros equipos

Otro gran coste fijo que supondría este proyecto sería el que supone la infraestructura para realizar este tipo de actividades. Estos costes irán desde los equipos informáticos hasta las instalaciones de los *hubs* en los techos de los centros comerciales. Estas infraestructuras y equipos también se deberán mantener. La infraestructura principal debe disponer de escaleras y pasarelas en ciertas zonas que permitan la circulación de los trabajadores en las 3 localizaciones. Además se necesitará, en uno de ellos, un centro de operaciones donde se supervisen cada una de las operaciones con drones. El coste de mantenimiento de estas infraestructuras se podría suponer en alrededor del 10% anualmente del coste inicial [52].

El coste de alquiler de las zonas en cada uno de los centros comerciales será de un precio bajo, pues las zonas de trabajo serán pequeñas. Cada dron podrá necesitar como mucho 2 metros cuadrados para operar (según lo visto para otros drones de similares características). Si se tienen 20 drones esto equivaldría a unos 40 m^2. Para los centros de carga también se requerirá el espacio necesario, junto con el espacio necesario para el operario de drones, que se situará en la zona que se encuentra en el medio de las tres, es decir, en la zona 1.

Dado que el coste de la infraestructura necesaria es complicado de estimar, se va a presuponer que este coste es absorbido por el centro comercial, al resultar una oportunidad para incrementar sus ventas, lograr mayor notoriedad antes sus clientes y marcar diferencias respecto a otros centros comerciales. Además, estos centros comerciales podrían obtener más valor y recursos con las instalaciones, posicionándose como un atractivo turístico para apasionados de la tecnología y otros perfiles, e incluso podrían organizar visitas a las zonas de operaciones y hacer merchandising, atrayendo más clientes a su centro comercial.

Según idealista, el coste medio del alquiler de un local en un centro comercial "*prime*", centros ya consolidados, el precio de la renta podría ser de 27,3 €/m^2 en 2009. Según *Eurostat* los precios de alquiler de las viviendas han aumentado tan solo un 5% entre 2010 y el tercer trimestre de 2021. Por lo que podríamos extrapolar esta información y estimar un precio de 30 €/m^2 al mes. Estimando que se necesitarán alquilar unos 120 m^2, se estarían pagando rentas de 43.200 €/año. Sumándose un mantenimiento del 10% anual, resultaría en ~50.000€ anuales. Esto serían las escaleras necesarias, pasarelas para sortear posibles obstáculos en el techo del centro comercial además de infraestructuras para almacenar drones y mantenerlos, espacios para cargar baterías y pequeños puestos de trabajo para los operarios de los *UAS*.

Pero, al ser un "establecimiento" en el techo del centro comercial, los precios deben ser menores que los que tenga un establecimiento interior. Con un coste de 40.000€ anuales, divididos entre los 3 centros comerciales, se estaría hablando de unos ingresos para cada centro comercial de ~133.333€ en un periodo de 10 años. Esto gracias a explotar el techo de su infraestructura que solo puede haber ocurrido gracias a este tipo de proyecto. Se dará por bueno este coste de 40.000€ anuales, contando con el mantenimiento y gasto eléctrico de equipos excepto del respectivo a la carga de las baterías. La utilización del espacio en los techos de los edificios podría requerir autorizaciones administrativas, que debería gestionar el centro comercial.

Por otra parte serían necesarios puntos de carga de las baterías e instalar los puntos de despegue y aterrizaje de los drones. Para cargar las baterías a 0,3C-0,7C (deteriorando mucho menos la batería y alargando sus ciclos de vida) se necesitarían cargadores de aproximadamente 150 W. Cargadores para algunas baterías de drones DJI a 100 W cuestan 57€ (Ibericadron.com). En el grupo *Acre* una batería similar, con 6 puntos de carga para el Matrice 100/600, cuesta ~50€/punto de carga de cada batería. Otros cargadores de 150 W a coste de 32,5€ (*ToolkitRC*) y de 59€ en *Banggood* de una marca reconocida como *HTRC*. Por ello, el coste por cargador se podría estimar en alrededor de 50€. Se van a estimar los puntos de carga necesarios para que todas las baterías se puedan cargar a una velocidad de 0,5C (2 horas de tiempo de carga) en un periodo de 8 horas al día, es decir, se podrán cargar 4 baterías por cargador diariamente:

	Número de cargadores necesarios	**Coste (€)**
Escenario pesimista	58	2.900€
Escenario medio	86	4.300€
Escenario optimista	115	5.750€

Tabla 22.- Puntos de carga necesarios. Fuente: Elaboración propia.

El coste es bastante bajo y prácticamente despreciable. Para simplificar los cálculos, los cargadores se cambiarán cada año ya que podrán surgir problemas por la cantidad de ciclos de carga que tendrán que soportar.

Los equipos informáticos podrían equivaler a un ordenador y teléfono móvil por cada empleado. Se podría estimar en 1.000€ cada par de equipos. Contando con 12 empleados y en que se necesitarían algunos equipos especiales (monitores para el seguimiento de operaciones). También se pueden incluir

otros muebles o aparatos de oficina que se puedan necesitar. Por ello puede estimarse un presupuesto para la compra de equipos y otros aparatos por un valor de 25.000€ siendo conservativo con un periodo de vida útil de 5 años, es decir 5.000€ anuales. El desembolso se podría realizar mensualmente, a través de leasing o renting, que además le aportan incentivos fiscales a la empresa.

6.1.7. Coste de la aprobación del proyecto y seguros de los *UAS*

Se van a tener en cuenta los costes de la aprobación del proyecto. Como ya se ha descrito, se deberá de aplicar mediante la metodología *SORA* para conseguir la aprobación del proyecto. Además, se deberán de hacer numerosos vuelos de testeo para demostrar que los vuelos se pueden llevar a cabo con la suficiente seguridad.

De acuerdo con la normativa europea (*EASA*) todo *UAS* con *MTOM > 250 g* independientemente de su uso requiere un seguro. Por ello será necesario estimar sus precios. Los seguros deben de ser capaces de cubrir una cuantía de unos 280.000€ para drones de peso inferior a 20 kg. Según varias aseguradoras, los precios para seguros de drones de uso profesional pueden ir desde 170€ hasta los 220€ anuales [61]. Otros seguros ofrecen un servicio para una flota de drones, no de manera individual. Según *ATCA* un seguro con límite de 300.000€ de más de 5 kg tendría un coste de 280€ (*Axis Aviabel*) o 368€ (*Mapfre*). Por otra parte, si la indemnización es de 1.000.000€, las primas podrían ascender a 714€ (*Axis Aviabel*). Pero normalmente, dichos seguros no cubren operaciones *BVLOS*. Existen pocas compañías que lo ofrezcan.

Se ha tratado de obtener información al respecto, pero las compañías han sido muy opacas por lo general. Las aplicaciones *BVLOS* parecen tener algo más de riesgo que las *VLOS* por lo que se podría estimar un precio de 1.000€ por dron anualmente. Aunque ya se ha visto como empresas como *Wing* o *Manna* todavía no han tenido ningún accidente en los más de 300.000 vuelos que han efectuado conjuntamente.

Sobre la posible obtención de licencias por poder operar no se ha obtenido ningún tipo de información. Pero ya se ha comentado que la *EASA* cobra por hora para el estudio y aprobación de proyectos de *UAS*. Este coste se podría estimar. Según los documentos de la *EASA*, son 247 €/h, y normalmente lleva 180 horas. Pero para proyectos más complejos como es el tratado actualmente, esto llevaría más tiempo. Si se cuenta que se tardan 400 horas, se llegaría a un coste de ~100.000€ [10].

Por otro lado, se deberán de hacer vuelos previos de prueba, para demostrar que las operaciones son seguras. Este proceso será llevado a cabo durante meses sin obtener ningún ingreso y es muy complejo

de estimar, por lo que se ha decidido contabilizarlo con un coste fijo de otros 100.000€ aunque en la realidad este podrá variar bastante y se desconoce realmente cuál será. La cantidad total para lograr que el proyecto se ponga en marcha sería de 200.000€. Se ha tenido en cuenta que el operador y los drones ya cuentan con experiencia en el sector y con las debidas certificaciones, haciendo el proceso más rápido y menos costoso.

6.1.8. Otros gastos de las operaciones

Respecto a los gastos exclusivos a las operaciones en Madrid, se deben incluir otro tipo de gastos no contemplados anteriormente. Ya se ha argumentado como la percepción del cliente cambia de forma positiva, desde niveles del 44% de aceptación hasta cercanos al 90% de aceptación cuando se ha experimentado el servicio de primera mano.

Una parte esencial para lograr estos altos niveles de aceptación es involucrar a la comunidad como lo hacen compañías como *Wing*. Por ello se llevará a cabo una campaña presencial de marketing en las diferentes localizaciones.

Otro aspecto importante son la capacitación y formación de empleados tanto de la compañía operadora como de los comercios con los que se trabaje. Esta formación será la referente a la empresa como tal y tocará las operaciones básicas con los drones como la integración de la carga de pago en estos.

Por otra parte estará la formación referente a las operaciones con drones (mantenimiento, seguimiento...) más compleja. Esta formación será proporcionada por la compañía a la que se adquieren los drones. Será principalmente sobre mantenimiento y seguimiento de las operaciones. Estos se ven reflejados a continuación.

Concepto	Descripción	Gasto (€)
Eventos promocionales en las 3 localizaciones [1]	- Eventos promocionales en las localizaciones en las que se quiere operar para acercar la tecnología a la comunidad y situarse como una empresa cercana y que escuchará las opiniones y sugerencias de sus habitantes. Se alquilarán *stands* al aire libre o dentro del centro comercial para conseguir una mayor repercusión.	30.000 [2]
Formación de empleados	- Para lograr la seguridad de las operaciones con los drones se requerirá una formación adecuada	50.000 [3]
***Renting* furgoneta**	- *Renting* anual de una furgoneta para el transporte de drones / material de mantenimiento	5.280 (anual) [4]

[1] Estos eventos se realizarán los 2 primeros meses en las 3 localizaciones

[2] El alquiler de cada *stand*/*kiosco* costará ~500 €/mes (basado en oferta de alquiler en CC. Alcalá Norte). Salarios para trabajar ~20 horas los fines de semana ~2.500 €/mes. Presupuesto de 24.000€ para el diseño del *kiosco*, *merchandising* y otros gastos de transporte y fabricación.

[3] Según la Asociación para el Desarrollo del Talento, el coste de formación habitual es de unos 1.200€ por empleado. Contando con 12 empleados en operaciones y con costes adicionales para formación de empleados de otros comercios, se presupuestan 20.000€ para ello. La formación de la compañía que proporciona los drones se va a presupuestar en 30.000€ (no se tienen datos suficientes por lo que se cree esa cifra conservativa). Ya que será extensiva sobre mantenimiento, uso del *software* y funcionamiento de los drones.

[4] *Renting* de Citroën Berlingo por 305 €/mes para transportes exclusivos en la Comunidad de Madrid. Se incluye además presupuesto para 15.000 km de gasolina para un precio de 1,8 €/l y un consumo de 6 litros a los 100 km.

Tabla 23.- Otros costes operativos. Fuente: Elaboración propia.

Otros gastos como tabletas/software para los comercios o las bolsas y equipamiento necesario para empaquetar los productos correrán a cargo de los comercios. En el caso de las tabletas, los comercios tendrán la opción de adquirirlas por precios cercanos a los 350€ (tasas de activación cobradas por negocios como *Uber Eats*) o de usar dispositivos propios instalando el software correspondiente. En el caso de las bolsas para empaquetar los productos, los costes podrán rondar los 0,15€ (precio para 10.000 unidades en la página web de *Glovo*) para bolsas de tamaño medio personalizadas con el logo del

comercio y el logo de la empresa de drones, que sean por supuesto compatibles con los *UAVs*.

6.2. Costes de estructura

Por último, queda estimar el gasto de las oficinas centrales y el equipo de gestión y marketing entre otros. Ya se ha introducido como el proyecto en la Comunidad de Madrid podría ser complementado con otras localizaciones distribuidas por otras zonas españolas que gestione la misma empresa. Por ello, se le va a atribuir al proyecto de la Comunidad de Madrid un porcentaje de los gastos de gestión de las oficinas centrales. Tanto a nivel directivo como de Marketing u otras áreas. Para tener en cuenta estos gastos, se le asignará al proyecto situado en la Comunidad de Madrid un 15% de los costes totales, teniendo en cuenta ~6 comunidades autónomas más en las que se estaría operando (~7 en total), donde el proyecto de Madrid tiene algo más de peso.

6.2.1. Aplicación de pedidos para móvil

La plataforma online de pedidos es un punto clave en este negocio. Debe estar siempre en propio funcionamiento con el marketing apropiado y la versatilidad necesaria como para lanzar ofertas y promociones, cambiar y añadir datos eficazmente y atender y resolver las incidencias y reclamaciones de los clientes. No se requiere una Web con interfaz para realizar pedidos, puesto que se ha visto como *Manna* y *Wing* solo cuentan con aplicaciones móviles. Además los pedidos a través de la *App* de empresas como *JustEat* suponen el 75% del total. Existen empresas que son capaces de diseñar la página web a medida.

Destacar que tanto *Manna* como *Wing* tienen sus propias *App*. En el caso de *Manna*, también se pueden hacer pedidos a través de otras plataformas como *Just Eat*, aunque se desconoce si está limitado a pocos productos. Se podrían establecer *partnerships* (acuerdos) con algunas plataformas de *delivery*. Esto simplificaría el modelo de negocio al menos para los comercios. Pero haría que la rentabilidad del operador de drones se pudiera ver algo perjudicada por las posibles comisiones impuestas por las plataformas como *Just Eat*. Aunque podría resultar en un mayor número de pedidos, al no necesitar descargarse una *App* exclusiva. Se va a explorar únicamente el disponer de una plataforma propia. Pero alcanzar acuerdos con otras plataformas de *delivery* convencionales, podría ser una buena forma de aumentar el número de pedidos, que es clave para ser rentable como se verá más adelante.

Compañía	Tipo de solución	Rango de precios
***UpTech* (Ucrania)**	Creación e implementación de un servicio de delivery para varios establecimientos	$70.000 - $150.000
***Octal* (USA, UK, India, Singapur)**	Creación e implementación de un servicio de delivery	$15.000 - $80.000
***Emizentech* (USA, UK, India)**	Creación e implementación de un servicio de delivery para varios establecimientos	$30.000 - $40.000 *
***Yelo* (India, USA, UAE)**	Te proporciona las herramientas para crear tu propio servicio de delivery	$200 al mes + $0,08 para a partir de 1.000 pedidos al mes
***Decipher Zone* (India, US)**	Creación e implementación de un servicio de delivery para varios establecimientos	$40.000 - $60.000
** Datos proporcionados por la compañía*		

Tabla 24.- Proveedores y costes de aplicaciones de delivery. Fuente: Blogs de las compañías; Elaboración propia.

Según *JungleWorks* en Estados Unidos los costes de desarrollar este tipo de aplicaciones son de $50-$250 la hora. Pero al ser un servicio que se puede hacer desde cualquier parte del mundo, en países del este de Europa este cargo podrá ser de $30-$150 la hora o incluso menor en países como la India de $10-$80 por hora (se observa que la mayoría tiene oficinas en este país). En el caso de *Emizentech* nos pudieron proporcionar que un tipo de servicio de estas características podría costar $30.000-$40.000 en implementar. Además el mantenimiento y gestión se encontraría entorno a $12.000 al año. Por tanto se podría estimar alrededor de un coste de 50.000€ inicial. El mantenimiento y seguimiento lo llevarían a cabo informáticos que forman parte de la empresa, por lo que no sería necesario pagar dichas cantidades.

6.2.2. Costes salariales del equipo principal

Por último se van a estimar los gastos de gestión de la dirección y oficinas centrales. Para ello, se analizarán las posiciones y funciones más importantes, cantidad y el salario percibido. También el coste

de la oficina central en la que se pueda estar trabajando. En la siguiente tabla se muestra la organización de la sede central, y los puestos idóneos con sus funciones principales. No obstante, según las circunstancias y el desarrollo del proyecto, se irían adaptando la capacidad y la estructura organizativa al mercado y a satisfacer la demanda.

Puesto(s)	**Descripción del trabajo**	**Salarios (€)**
1 Director Ejecutivo (*CEO*)	Liderar y coordinar recursos, establecimiento y control de objetivos y sucursales, además de: - Funcionamiento de los procesos - Compras de drones y equipos - Formalización de los contratos importantes e instrucciones para contratos con los comercios - Incorporación de personal	70.000
1 Responsable Operativo (COO)	- Planes y estrategias del negocio - Apoyo a las funciones del *CEO*	65.000
1 Responsable Financiero (CFO)	- Presupuesto económico y financiero - Apoyo al *CEO* y COO	65.000
1 Responsable de marketing y ventas (CMO / CSO)	Además de asumir funciones estratégicas de marketing: - Tomará decisiones respecto a los contratos con comercios y seguimiento de los mismos - Diseño y otras cuestiones de la *App,* así como los procesos de venta y entrega de mercancía * Se requerirán conocimientos informáticos	65.000
3 Auxiliares de marketing	- Funciones y acciones de marketing operativo - Redes sociales, seguimiento y atención al cliente - Soporte de la App y promociones * Se requerirán conocimientos informáticos	77.000
3 Informáticos	- Control y mantenimiento de la *App* - Diseño y mantenimiento de la web - Soporte informático a los equipos	108.000
1 Secretaria de	- Asistencia a *CEO* y al responsable de marketing	27.000

dirección	- Funciones administrativas y contables - Otras labores de agenda y coordinación	
2 Abogados	- Coordinación y procedimientos con *AESA* - Asesoramiento continuo al equipo - Control de seguros y licencias - Cumplimiento legal * Debe disponer de conocimientos en el sector aeroespacial	90.000
Total		**567.000€**

Tabla 25.- Salarios (sumando un 30% como coste de seguridad social y otros costes de contratación) y funciones del personal en las oficinas centrales de la empresa. Fuente: Elaboración propia en función de estadísticas publicadas de Indeed en junio 2022.

Además de los salarios, se estiman los gastos en alquileres, subcontrataciones y otros gastos:

Concepto	**Gasto anual (€)**
Alquiler de las oficinas centrales	13.300 [1]
Leasing equipos de oficina, centralita e informáticos	5.400 [2]
Suministros (luz, agua, calefacción, teléfonos, internet, hosting...)	12.000 [3]
Asesoría laboral, contable y fiscal y protección de datos	7.200 [4]
Asesoría legal operativa (permisos, regulación aérea, logística, contratos)	12.000 [5]
Campañas de marketing y publicidad	24.000 [6]
Resto de gastos	12.000 [7]
Gastos de transporte	15.000 [8]
Licencias de *software*	3.000 [9]
Total	**103.900**

[1] Oficina amueblada y distribuida en diferentes despachos, de 130 metros en calle Turín, 42 – EUROPOLIS, LAS ROZAS, por 950 €/ mes + fianza de 2 meses. Fuente: Idealista 22/6/2022

[2] Utilizando la aplicación de *leasing* de Bankinter, podemos obtener la cuota mensual durante 48 meses, de 450 €/mes, con valor residual de 1 cuota, por la compra de equipos de oficina, centralita e informáticos, que se valoran en 20.000 euros (ordenadores, tablets, smartphones, centralita, otros equipos de internet, impresoras y escáner, destructores de papel...). 22/6/2022.

[3] Los suministros de luz, agua, calefacción, líneas de teléfonos e internet, se calculan a tanto alzado. El hosting por Google

Business Plus suponen $216 por año (Fuente: Google Workspace 22/6/2022)
[4] Asesoría laboral, contable y fiscal y protección de datos. Presupuesto mensual online en asred.es 22/6/2022: Laboral tarifa plana plus 210€ Contable y Fiscal tarifa plana plus 150€ y Protección de datos 150€. Suman: 510€ + servicios no incluidos = 600€.
[5] No se dispone de suficiente información, se presupuesta en 1.000€ por mes.
[6] Se asigna un presupuesto mensual de 2.000€, para campañas de marketing y publicidad, principalmente *online* y dirigida al cliente final, para lograr 2 objetivos, notoriedad de marca e incremento del número de pedidos.
[7] Resto de gastos, pueden ser mantenimiento oficina, primas de seguros (no drones), comisiones bancarias, tributos, y todos los gastos no contemplados. Se destinan 12.000 euros anuales.
[8] Transporte en avión dentro de España de directores o el pago de la gasolina por trayectos durante el horario laboral. Podría equivaler a 20 vuelos de ida y vuelta entre ciudades españolas (2.000€, buscadores de vuelos), alquiler de furgonetas para el transporte/equipamiento por 50 €/día (expertcar.net) durante 100 días (5.000€), pago de 2.000 litros de gasolina a 1,80€/l (3.600€ para recorridos de 60.000 km con consumo medio de 6 litros/100 km) y presupuesto extra por valor de 4.400€.
[9] El pack de Microsoft office costaría 74€ por empleado anualmente sumado a un uso del *software* "SAP" para gestión de finanzas, ventas o gestión. Valorado desde 60 €/mes (inforges.es) hasta entorno 91 €/mes para una licencia profesional en la nube (artesap.com). Se valorará esto últime en 1.200€ anuales. Se presupuestan 3.000€ dando margen a otro tipo de contrataciones de software como edición de video.

Tabla 26.- Gastos de alquileres, compra de equipos de oficina y gastos en asesorías. Fuente: Elaboración propia.

Se recuerda que el proyecto en la Comunidad de Madrid se le repercutirá un 15% de todos estos costes de estructura.

6.3. Costes totales del proyecto

Una vez estimados los precios de cada una de las partes esenciales del negocio, así como las características técnicas de los *UAVs*, se puede poner en contexto esta información. Se presentarán los costes fijos y los costes variables para cada caso del escenario de la demanda. Los gastos referentes a las operaciones son:

Costes de las operaciones en la Comunidad de Madrid		
Concepto	**Tipo de coste ****	**Gasto (€) ***
Adquisición de los drones	Fijo	400.000
Mantenimiento y reemplazamiento de los drones	Variable (1 año)	111.857 / 164.584 / 217.305
Compra de baterías	Variable (1 año)	28.598 / 42.128 / 55.690
Carga de las baterías	Variable (1 año)	2.207 / 3.248 / 4.288
Cargadores de las baterías	Variable (1 año)	2.900 / 4.300 / 5.750

Datos *LTE* para comunicaciones	Variable (1 año)	7.457 / 10.936 / 14.512
Salario director de área (x1)	Fijo (1 año)	50.000
Salario pilotos profesionales (x3)	Fijo (1 año)	150.000
Salario operarios de recogida de paquetes (x8)	Fijo (1 año)	150.000
Alquiler y mantenimiento de instalaciones	Fijo (1 año)	40.000
Compra de equipos informáticos u otros bienes de oficina	Fijo (1 año)	5.000
Seguros de drones	Fijo (1 año)	20.000
Aprobación del proyecto por la *EASA* y operaciones en fase de pruebas	Fijo	200.000
Eventos promocionales	Fijo	30.000
Formación de empleados	Fijo	50.000
Renting de una furgoneta	Fijo (1 año)	5.280
Inversión inicial para las operaciones		**680.000**
Costes de operaciones anuales		**E. Pesimista (573.299)** **E. Medio (645.476)** **E. Optimista (717.825)**

* Escenario pesimista / Escenario medio / Escenario optimista (si no existe esa subdivisión es que el coste es independiente del escenario de demanda).

** Si es *Fijo* a secas se paga una vez. Si aparece *(1 año)* al lado del coste (*Fijo* o *Variable*) se está indicando que el gasto se pagará anualmente.

Tabla 27.- Gastos totales referentes a las operaciones. Fuente: Elaboración propia.

Por último los gastos comunes, de los cuáles un 15% será atribuido al proyecto en la Comunidad de Madrid son:

Costes de estructura		
Concepto	**Tipo de coste ****	**Gasto (€) ***
Desarrollo externo de la *App*	Fijo	50.000
Salarios de los empleados y directivos de las oficinas centrales	Fijo (1 año)	567.000
Alquileres de oficinas, asesorías u otros gastos	Fijo (1 año)	103.900
Inversión inicial para la estructura ***		**50.000**
Costes de estructura anuales ***		**670.900**

* Escenario pesimista / Escenario medio / Escenario optimista (si no existe esa subdivisión es que el coste es independiente del escenario de demanda).
** Si es simplemente *Fijo* se paga una vez. Si aparece *(1 año)* al lado del coste (*Fijo* o *Variable*) se está indicando que el gasto se pagará anualmente.
*** Aplicado el 15% de los costes totales.

Tabla 28.- Gastos comunes atribuibles al proyecto en la Comunidad de Madrid. Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con estos costes se va a estudiar la rentabilidad del proyecto y analizar qué costes son los más críticos y de mayor peso. El foco estará puesto en los costes operacionales que han sido los que se han podido estimar con una mayor precisión.

7. Análisis de negocio

7.1. Modelo de Las 5 fuerzas de Porter

El modelo de *Las 5 fuerzas de Porter* aporta un enfoque estratégico sobre diferentes factores para analizar la competitividad de la empresa en el sector donde se ejerce la actividad. Fue creado por *Michael Porter* en 1979. Las 5 fuerzas son: la rivalidad entre competidores existentes, la posibilidad de entrada de nuevos competidores, las amenazas de productos sustitutivos, el poder negociador de los proveedores y el poder negociador de los clientes.

Figura 49.- Las 5 fuerzas de Porter. Fuente: Ilustración de simla.com.

Se van a analizar las 5 fuerzas por separado en la empresa del *drone delivery*.

1. Rivalidad entre competidores existentes

Existirá una fuerte competencia directa con el sector convencional *delivery*. El entorno es muy competitivo y los operadores actuales conocen profundamente el funcionamiento del mercado y a sus clientes, tienen economía de escala, amplio ámbito geográfico, elevado volumen de negocio y sus precios son ajustados, como ya se ha comprobado.

Además de estas particularidades, en el subsector *food delivery*, los operadores trabajan con procesos

testados y mejorados en los últimos años. También hay distribuidores que utilizan vehículos ecológicos, que les reportan imagen de marca. Salvo los distribuidores locales o restaurantes que envían por su cuenta, el mercado está repartido entre Glovo, *Just Eat* y *Uber Eats*. Actualmente, no existen competidores en España en *food delivery* por drones.

2. Posibilidad de entrada de nuevos competidores

- Barreras de entrada: competidores directos mediante drones. La entrada de nuevos competidores está muy limitada, porque se requiere obtener autorizaciones para la puesta en marcha y funcionamiento, el cumplimiento al marco normativo legal, alta capacitación técnica y del personal operador de drones, altas necesidades de capital. Además actualmente son muy escasas las localizaciones óptimas para los hubs principalmente por las restricciones regulatorias.

- Barreras de salida: se tienen en cuenta factores económicos, legales, laborales y administrativos, y las inversiones necesarias en equipos, puesta en funcionamiento, tecnología y comunicación. Si no se cumplen las previsiones y la rentabilidad no fuera la adecuada, sería complicado cerrar el negocio recuperando la inversión, por la dificultad en transferir los equipos y tecnología. Las opciones más realistas, serían buscar la supervivencia o la venta a otro operador o inversor.

3. Amenazas de productos sustitutivos

Los productos sustitutivos son los envíos a través de operadores del sector convencional, y en especial, algunos operadores que utilizan vehículos ecológicos que intentan posicionarse para mejorar su imagen a través de la ecología. No obstante, el envío por drones podría superarles en experiencia de compra y generación de valor a los consumidores, respecto a los tiempos de entrega y utilización de energía verdes. A medida que crece el sector, también podría superar al sector convencional en términos de menores costes por envío para el consumidor.

4. Poder negociador de los proveedores

Los proveedores principales son los suministradores de drones y accesorios, como baterías y piezas de recambio y como hemos visto, están situados en otros países. Hay pocos suministradores, y los costes de transacción del pedido inicial serán muy altos, porque pueden requerir de visitas, largas negociaciones y de largos tiempos de decisión y suministros. El envío y recepción de materiales se realizará a través de la regulación y procedimientos del comercio internacional.

Se pueden negociar las condiciones y precios con el suministrador de luz de carga de baterías, porque el mercado está parcialmente liberado. También podemos considerar suministradores a los Centros Comerciales donde estarían las sedes logísticas. Son muy pocos óptimos y elegibles, pero al resultar un factor diferencial, podría facilitarse la negociación y alcanzarse un acuerdo satisfactorio para su instalación.

5. Poder negociador de los clientes

Diferenciamos nuestros clientes que nos pagan (Comercios / Restaurantes) y al cliente que servimos (Consumidor). Los Comercios tienen que estar localizados muy próximos. Pueden y deben seguir con sus suministradores *delivery* tradicionales. Cuando pertenezcan a una cadena, pueden tener algunas limitaciones para contratar. Usando nuestros servicios, pueden diferenciarse de su competencia, incrementar sus clientes y ventas, crear valor y fidelizarlos (estrategias *push*).

En un entorno digital y de un solo proveedor de envíos por drones, el poder de negociación de clientes es muy limitado. Pero aunque tengan que aceptar nuestros precios y condiciones de entrega, tenemos que mantener un *feedback* permanente para conocer, adaptarnos y satisfacer sus necesidades. El consumidor, puede conseguir que el Comercio contrate nuestros servicios porque solicite expresamente el envío, directamente o mediante nuestra *App* (estrategias *Pull*). Es decir, aunque su poder de negociación es nulo, hay que mantener también un *feedback* para conocer y adaptarse a sus hábitos y necesidades y mejorar su experiencia de compra.

7.2. Análisis *DAFO*

Una vez analizados los datos más relevantes del sector *delivery,* y en concreto, *food delivery* mediante drones, se pueden analizar otros aspectos más importantes de la empresa mediante el análisis *DAFO*, que puede servir para la toma de decisiones. Es una radiografía completa del negocio, que recoge los puntos positivos y negativos del mismo. El acrónimo *DAFO* se refiere a *Debilidades, Amenazas, Fortalezas* y *Oportunidades*. Resumiendo, estos a su vez se dividen en dos:

1. Factores internos (fortalezas y debilidades): todo lo que es gestionado internamente por la empresa. Se tiene control absoluto sobre ello. Las fortalezas serán los puntos positivos mientras que las debilidades serán los negativos.

2. Factores externos (amenazas y oportunidades): factores que afectan a la empresa desde fuera. No dependen de la empresa por lo que no se tiene control sobre ellos.

Se ha llevado a cabo un análisis *DAFO* con las características más importantes del negocio llegando a:

Fortalezas

- Envíos más rápidos que con métodos de transporte convencionales
- Menores costes laborales que los de las compañías convencionales de *delivery*
- *Poca competencia por la dificultad de compartir un mismo espacio aéreo en la actualidad*
- *Automatización de los procesos de logística*
- *Sencillez para operar una vez se ha puesto en marcha el proyecto*

Debilidades

- Necesidad de una alta seguridad, un solo accidente puede parar el servicio de forma indefinida
- Necesidad de una disminución del ruido emitido por los drones para mejorar la logística (*hubs* más cercanos a los comercios)
- Costes de adquisición de los drones elevados
- Coste de transacción inicial elevado (encuentros con los comercios, proceso tedioso con autoridades regulatorias...)
- Demanda poco predecible al ser una tecnología novedosa

Oportunidades

- Buena imágen pública al ser una compañía que no emplea combustibles fósiles diréctamente ("empresa verde")
- Crecimiento del sector y expansión hacia otros mercados como los rurales o con necesidades de envíos rápidos como el de los medicamentos
- Los comercios a los que se presta el servicio mejoran su imágen de marca y percepción del consumidor
- Captación de clientes de *delivery* convencional por tiempos de espera largos en los envíos
- Legislación afecta negativamente (Ley Rider) sobre las compañías competidoras de *delivery* convencional aumentando sus costes

Amenazas

- La regulación no es proactiva corriéndose el riesgo de que no se permite escalar este tipo de proyectos
- Posible presencia de actores externos que dañen los drones
- Factores meteorológicos como la lluvia o fuertes vientos que puedan impedir ocasionalmente que se opere con normalidad
- Litigios legales o permisos con determinados agentes o colectivos no afines
- Mala percepción por parte del consumidor por preocupaciones sobre privacidad, mal uso de los drones o el ruido entre otros factores

Figura 50.- Análisis DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades). Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado algo que no se ha comentado apenas es el impacto medioambiental. En un estudio comparativo entre drones y motos realizado, se llegó a la conclusión de que para un viaje de 1 km en línea recta, el *GWP* o "*Global Warming Potential*" era de 6 veces mayor para las motos que para los drones. El impacto medioambiental era 12 veces mayor para el vehículo terrestre. Estos datos eran acordes a datos de generación de electricidad del 2008. En la actualidad las ventajas medioambientales de los drones podrían ser mayores [62].

Pero también se debe tener en cuenta el impacto medioambiental del uso de baterías, que es muy intensivo como se ha visto. Por lo que el impacto sería bueno desde el punto de vista de emisiones de carbono y otros gases pero no tanto desde el punto de vista de los deshechos como consecuencia del final de vida útil de las baterías que se estarían generando.

7.3. Las 7 P's del marketing

Los componentes y variables más importantes del marketing han sido tratados a lo largo de este proyecto. No obstante, se van a resumir más adelante. Estas son: Producto, Precio, Plaza, Promoción, Personas, Procesos y Posicionamiento.

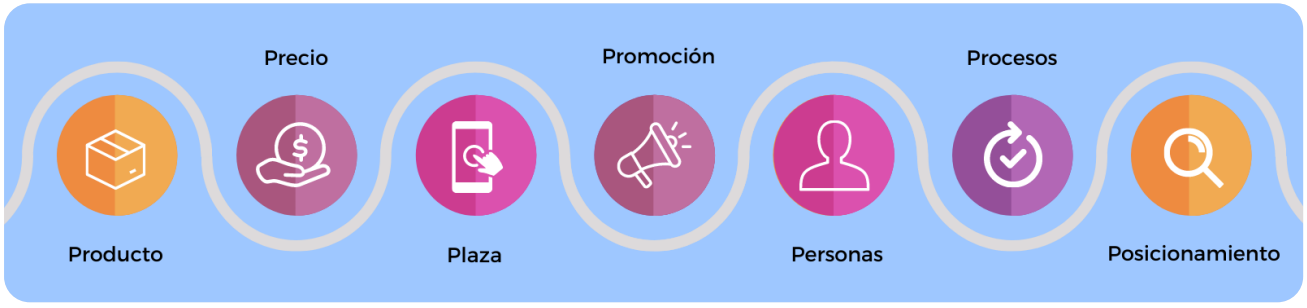


Figura 51.- Las 7 P's del marketing. Fuente: Elaboración propia.

1. El Producto que se ofrece es único y diferenciado respecto a otras empresas del sector. Es más rápido, accesible y ecológico y le reporta mayor utilidad y experiencia al cliente. El ruido, la percepción de intimidad del consumidor, las condiciones climáticas extremas y la capacidad geográficas son aspectos más vulnerables del servicio, que como se ha visto, se pueden mejorar.

2. El Precio será más elevado que los envíos tradicionales. Al cliente comercio le reportará notoriedad el envío a través de drones, y el consumidor le proporcionará más rapidez y mayor experiencia. La propuesta de precios está en una horquilla entre 6 y 7 euros (sin IVA),

dependerá del número de vuelos, fechas y horarios.

3. La Plaza es el lugar donde el cliente adquiere nuestros servicios. Será a través de *App*. Se ha analizado que todas las compañías que operan con drones en otros países utilizan este sistema, e incluso en España las compañías tradiciones como *Just Eat* alcanzan más del 75% de los pedidos por *App*. Es evidente que los procesos y formularios serán diferentes para comercios y consumidores. Otro asunto que podría ser estudiado, es rentabilizar los *hubs* para los clientes de los Centros Comerciales (que también podrían ser nuestros clientes), mediante visitas guiadas u otras fórmulas para dar más visibilidad al servicio y notoriedad al Centro Comercial, beneficiando a ambas partes.

4. La Promoción es muy importante, sobre todo al inicio. Se habilitarán presupuestos para disponer de *stands* de información en los Centros donde se opere, para realizar campañas de comunicación y publicitarias en internet, y también se han comentado las estrategias *push* y *pull*. Se debe también estudiar si se ofertan promociones y descuentos en horarios donde disminuye la demanda y los drones no están operativos.

5. Las Personas y en concreto, los consumidores, son esenciales. Se dispone de personal capacitado para interactuar en tiempo real y a través de redes sociales y resolver sus dudas e incidencias en vivo. Se debe conseguir que los clientes estén satisfechos y que ellos mismos transmitan su experiencia de compra a otras personas (el llamado boca a boca).

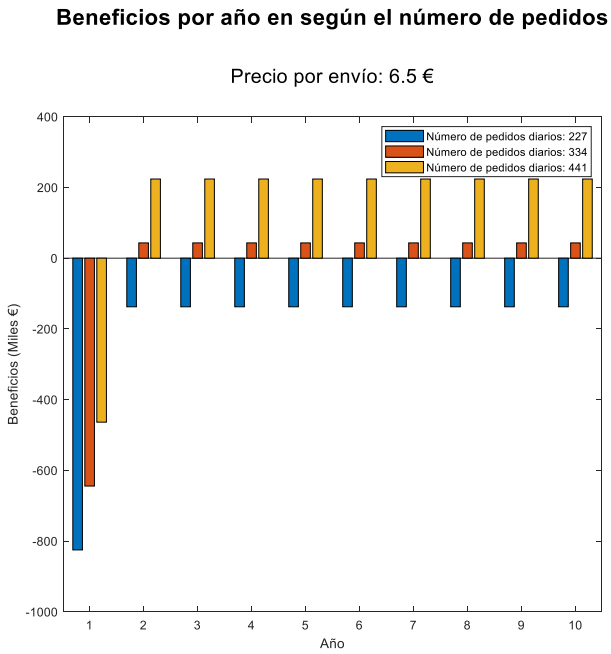
6. Los Procesos estarán automatizados con software interno, específico y complejo, y los fallos deben ser analizados y resueltos. Y los clientes podrán obtener información en tiempo real del proceso y estado de su pedido a través de la *App*. La *App* tiene que ser sencilla, e incorporar contenidos con noticias y novedades para fidelizar al cliente y mejorar su experiencia.

7. El Posicionamiento está muy definido. El valor que se aporta es diferente a la competencia, y se benefician los Centros Comerciales, los Comercios y los Consumidores. En la *App*, se deben incluir testimonios de clientes para mejorar la reputación de la empresa.

8. Análisis de la viabilidad económica del proyecto

Para la evaluación de la viabilidad económica que podría tener un proyecto de estas características se van a desarrollar 3 escenarios diferentes, desde el más pesimista hasta el más optimista, pero teniendo en cuenta ya que en cálculos previos se ha tratado de ser conservativo y no obviar ningún coste, aunque los resultados podrían variar bastante dependiendo de la demanda. El horizonte de tiempo estudiado será de 10 años. Destacar que se ha incluido un coste del 0,4% en comisiones de procesamiento de pagos [63].

Efectuando un análisis simplificado, cobrando 6,5 €/envío a los comercios y contando con financiación propia, los beneficios anuales y acumulados cada año serían:



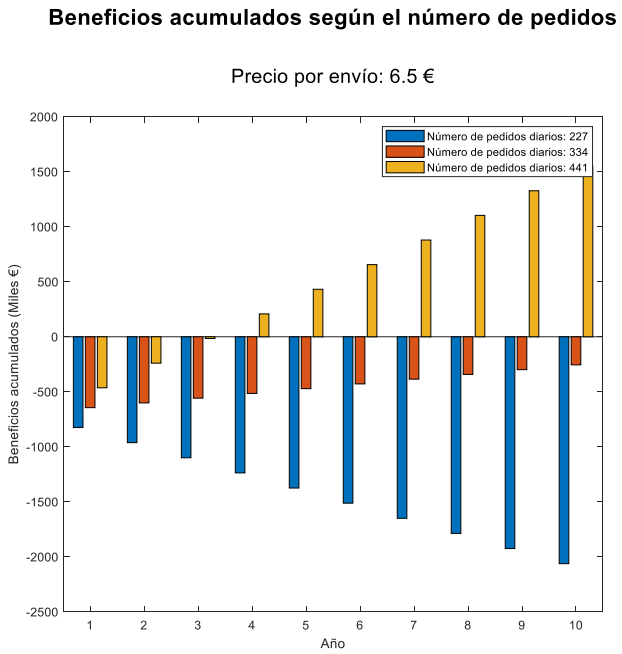


Figura 52.- Beneficios anuales y acumulados según el escenario de la demanda. Fuente: Elaboración propia.

Se observa que siendo optimistas, teniendo en cuenta que el mercado se encontraría algo más maduro con una regulación adecuada y alta aceptación del servicio por parte de los consumidores, el escenario podría ser bastante prometedor. Sin embargo, para un número bajo de pedidos, se haría muy complicado el conseguir una buena rentabilidad, salvo que se eleven los precios lo suficiente. En el escenario pesimista se necesitarían cobrar (incluido el IVA) casi 10€ para conseguir igualar a los costes anuales. Esto sería bastante complicado de asumir por parte de los comercios. Tendrían que cobrar 5€ de gastos de envío a los clientes finales para lograr unos porcentajes de comisión, sobre los valores de venta medios de 17,25€, del 29%. Aunque no es disparatado habiendo visto los costes que cobran

empresas de *delivery* convencionales, al comenzar un proyecto de estas características se haría bastante complicado conseguir la tracción adecuada.

Por tanto, puede existir rentabilidad, pero esta seguramente no será desorbitada. Recordar que una compañía como *Manna*, espera según su *CEO* comenzar a ser rentable en 2023. Esta compañía fue fundada en 2018 y comenzó operaciones a gran escala en 2021. Si sus estimaciones son ciertas, esta compañía sería capaz de ser rentable en únicamente ~4 años desde el comienzo de las operaciones. Más adelante se tratará de estudiar más a fondo el aspecto económico.

8.1. Análisis VAN-TIR general

El análisis VAN-TIR (Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno) pretende estudiar las posibilidades de éxito, rentabilidad y los beneficios que traerá el proyecto. Es decir, la viabilidad económica del mismo. El VAN se determina a partir de los flujos de gastos e ingresos futuros del proyecto descontando la inversión inicial y teniendo en cuenta una tasa de interés determinada.

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^{N} \frac{I_n}{(1+i)^n}$$

Si el VAN es positivo, entonces el negocio será rentable. Si es 0 o negativo, no se obtendrá ganancia o se tendrán pérdidas. El TIR es muy similar al VAN. Es la tasa de descuento que iguala el VAN a cero. Explicado de otra forma, nos dice a qué tasa y en qué tiempo la empresa recuperará su inversión. El TIR se expresará en forma de porcentaje.

$$-I_0 + \sum_{t=1}^{N} \frac{I_n}{(1+TIR)^n} = 0$$

Se ha comentado que el horizonte de tiempo son 10 años por tanto ($N = 10$). I_0 representa la inversión inicial y I_n los flujos de caja del año n. Por último i es la tasa de interés. Esta tasa de interés será la tasa a la que se va a financiar la empresa. Se pueden tomar como referencia los préstamos *ICO* del Gobierno de España. La tasa de interés máxima de un préstamo con plazo de 10 años a tipo fijo en este tipo de operaciones se puede situar alrededor del 6,7-6,8%. A tipo variable se sitúa en torno al 4,9%. Se va a tomar un valor de tasa de interés a tipo fijo del 7% cercana a la referente a los préstamos *ICO*. Aunque actualmente los tipos de interés siguen bajos, es previsible que en los próximos años se puedan incrementar los tipos de interés.

Teniendo en cuenta un mercado sin crecimiento donde los ingresos y gastos varían únicamente con el número de pedidos, se llegaría a los siguientes resultados para el periodo de 10 años:

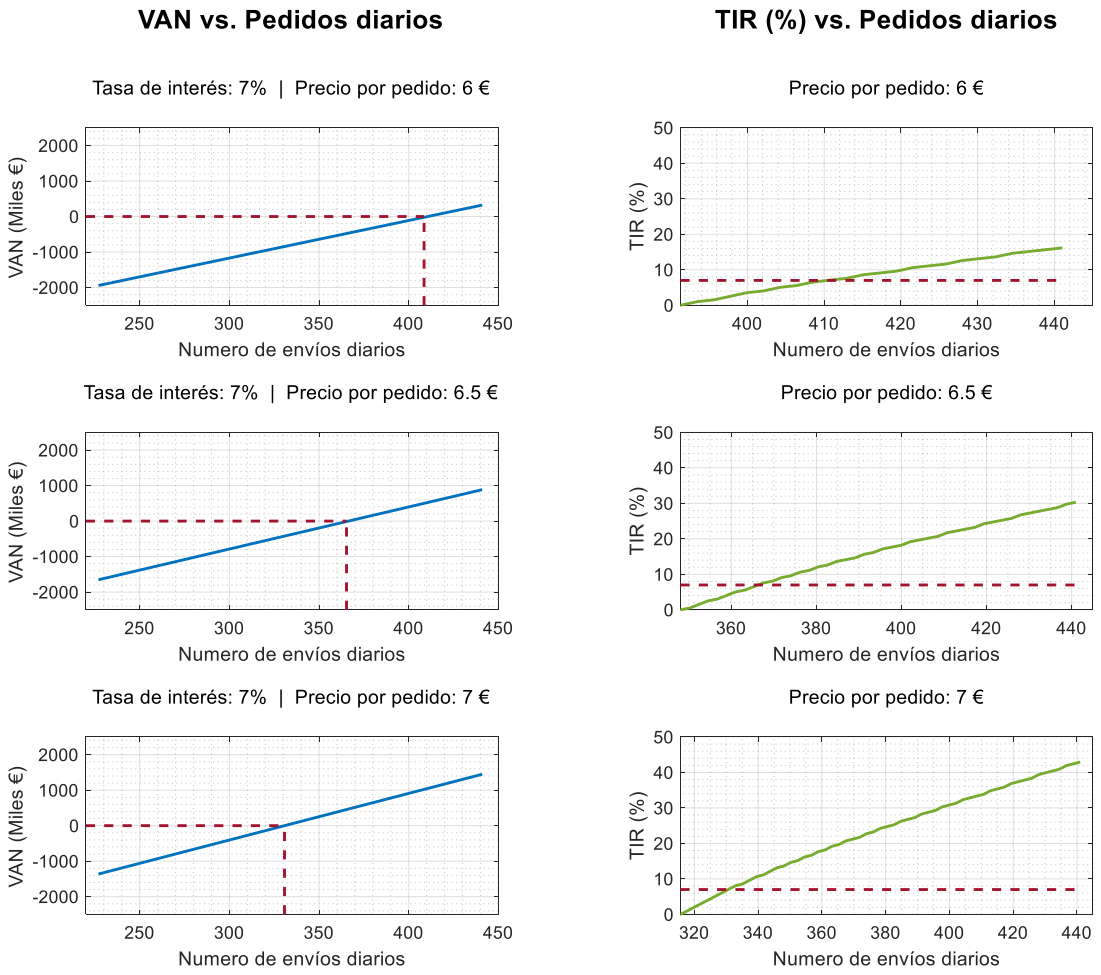


Figura 53.- Análisis VAN-TIR. Fuente: Elaboración propia.

El "Punto Muerto" o *breakeven* (cuando el VAN es nulo), es cuando el volumen de operaciones y de ingresos es suficiente para cubrir todos los costes fijos y variables, y a partir de este punto, un incremento en operaciones e ingresos supondrá beneficios siempre que el ingreso marginal sea superior al coste marginal.

En función de una tasa de descuento estimada del 7% y un ingreso por pedido variable (6 – 6,5 – 7€), y en función de las previsiones de costes referidas, resulta que superando, en función del precio del pedido, entre 330 y 410 envíos diarios, el proyecto sería rentable, y el beneficio sería igual a la diferencia entre el ingreso y el coste marginal del incremento en el número de envíos.

En el supuesto de no alcanzar esa media de pedidos diarios (entre 330 y 410 envíos), la empresa

obtendría pérdidas, salvo que logrará mediante estrategias y acciones abaratar algunos costes para reducir el mínimo de pedidos necesarios para alcanzar el punto muerto.

8.2. Beneficios según el escenario de la demanda

Se puede analizar cada escenario para comprobar los beneficios o pérdidas obtenidos en un periodo de tiempo de 10 años. Según el Gastrómetro de *Just Eat* de 2021 a 2025 el crecimiento del mercado del *food delivery* podría ser del 10,18% anual (CAGR). Estos datos son a su vez sacados de Statista. Aunque este crecimiento se va decelerando poco a poco. Entre 2024 y 2025 únicamente es del 5,86% [30]. Por otra parte, desde 2005 hasta la actualidad la variación del producto interior bruto en España ha sido cercana al 2% anual (Datosmacro.com). Descontando la inflación media en ese mismo periodo, cercana al 2% según datos del *FMI* / *OCDE*, el crecimiento real sería nulo. Para un periodo de 10 años se podría tomar un crecimiento real del 4%, que sería la tasa de crecimiento estimada a partir del Gastrómetro pero tomando un periodo de 10 años en vez de 5 años. Por lo que sería conservativa acorde con esos datos. Se supondrá que los costes aumentan también anualmente en un 4% salvo los que no son recurrentes (como el coste de aprobación del proyecto). Los beneficios también aumentarán un 4% anualmente por el crecimiento del mercado. En cuanto a la tasa de interés para la financiación, esta será la misma considerada en el análisis *VAN-TIR*, del 7%.

Para este análisis se presentan dos escenarios diferentes:

Escenario 1: escenario normal con precios razonables y crecimiento constante de la demanda.

- Crecimiento de la demanda de pedidos del 6,8% anual durante el periodo de 10 años. Diferentes precios de envío con un aumento real (descontando inflación) de precios progresivo del 0,5% anual.

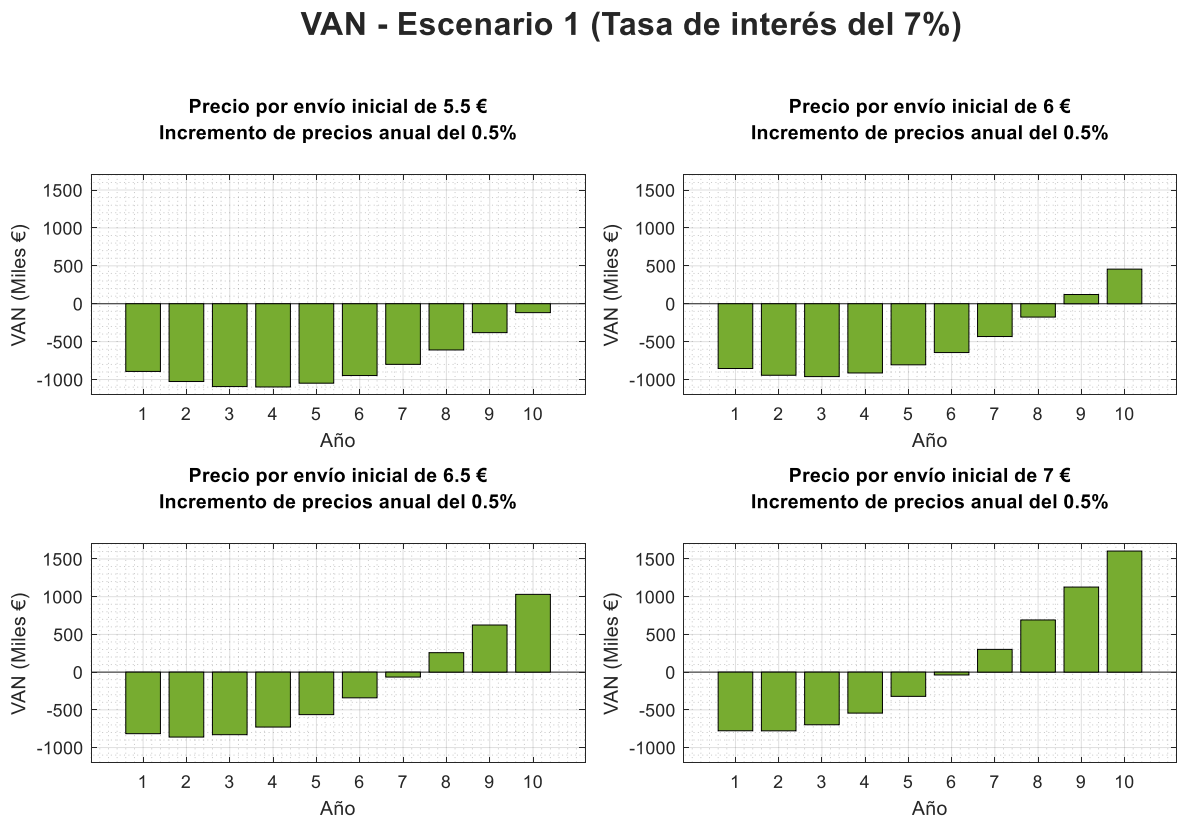


Figura 54.- Beneficios acumulados en el Escenario 1 (Crecimiento constante de la demanda). Fuente: Elaboración propia.

Con precios por envío cobrados a los comercios de 6-7€ se podría conseguir la rentabilidad tras la inversión inicial de ~700.000€. Estos precios ya se han visto en el modelo de ingresos como son bastante razonables.

Escenario 2: estrategia para ganar cuota de mercado, con posterior subida de precios.

- Crecimiento de la demanda del 14,2% anual durante los primeros años con un precio por envío bajo y constante (para incentivar la demanda) durante esos primeros años. A este precio se le denomina precio base. Al conseguir la máxima cuota de mercado que será la del escenario optimista de la demanda, se subirán los precios gradualmente durante los años restantes. Se incrementarán 3€ desde el precio base hasta el precio máximo.

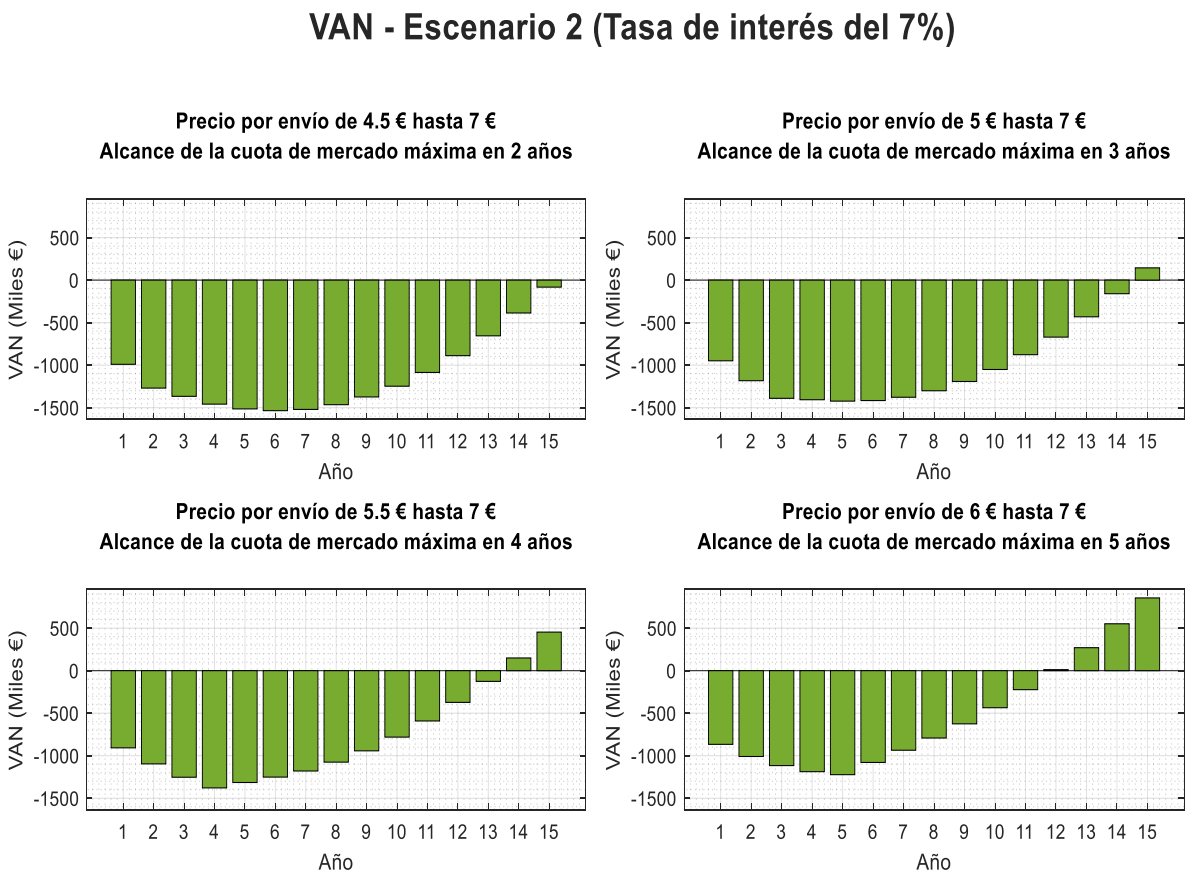


Figura 55.- Beneficios acumulados en el Escenario 2 (Ganancia de cuota de mercado). Fuente: Elaboración propia.

En este escenario se observa como unas tarifas de envío menores sostenidas en el tiempo, podrían retrasar la rentabilidad hasta los 12-15 años. Esto si se consigue el esperado aumento en la cuota de mercado.

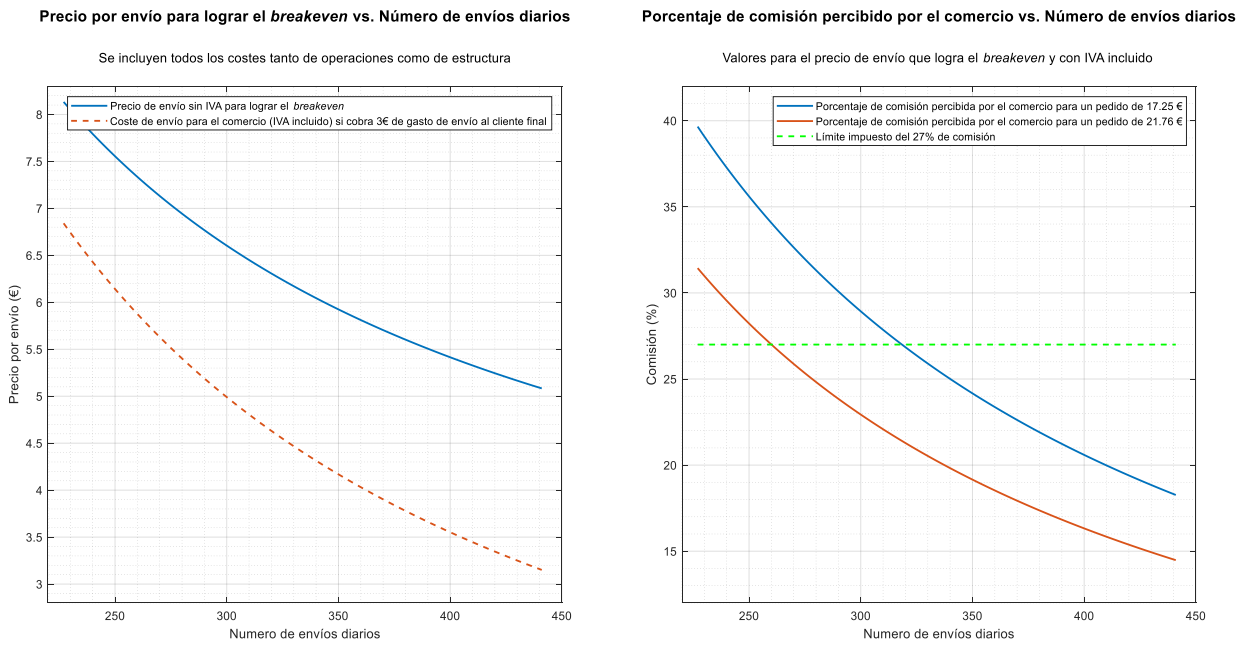


Figura 56.- Precio cobrado al comercio por envío frente al número de envíos para lograr beneficios nulos (breakeven). Fuente: Elaboración propia.

Se observa como el precio que se le tendría que cobrar (sin *IVA*) al comercio es demasiado elevado hasta que se llegan a números de envío de 275 aproximadamente. Si se llega al escenario de demanda normal, el precio que se tendría que repercutir sobre los comercios para lograr el *breakeven* sería ligeramente superior a 6€. Por otro lado, se observa que si la demanda es alta (400 pedidos) los comercios podrían ver comisiones del 15-20% aproximadamente, incluyendo IVA. Esto último considerando que el operador de drones cobra el precio de *breakeven* (punto muerto) para ese número de pedidos, es decir, ~6.5€ (Incluyendo IVA). Las posibilidades son muchas, pero a partir de 320 envíos diarios, se podría estar generando beneficios tanto para los comercios con comisiones menores al 27% como para el operador de drones. Se recuerda además que los comercios son libres de cobrar más o menos comisiones. Para pedidos por debajo de un valor de 17,25€ se podrían repercutir unos costes mayores al cliente final, como lo hacen los comercios en *Manna* cobrando normalmente 4,2€ por envío aunque se encuentran en la franja de 3-5€.

8.3. Análisis de los costes. Posibles mejoras y optimización

Este análisis se centrará exclusivamente en los costes referentes al proyecto de la comunidad de Madrid. Los costes operativos para que el proyecto en la Comunidad de Madrid pueda funcionar con normalidad pueden dividirse de la siguiente manera:

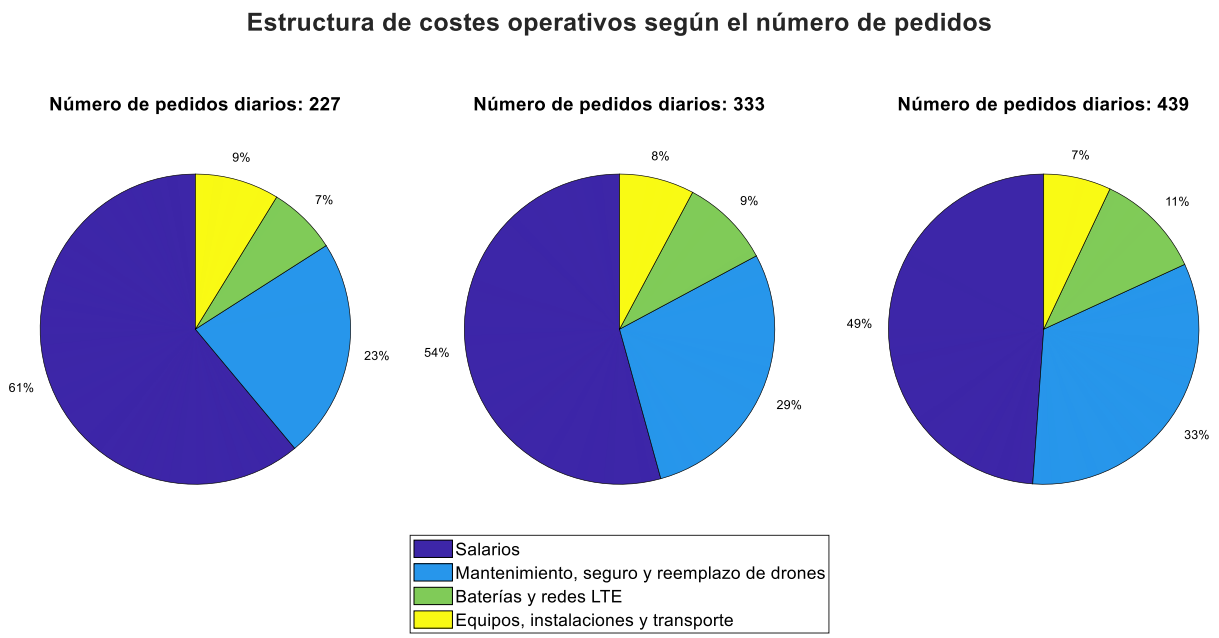


Figura 57.- Peso porcentual de cada tipo coste operativo sobre el total. Fuente: Elaboración propia.

Los salarios de los pilotos remotos, director de área y trabajadores de recogida de paquetes son el principal coste para la empresa. A este le siguen los costes de mantenimiento y nueva adquisición de drones. Cuantos más envíos, mayor es el porcentaje atribuible al mantenimiento y reemplazo de los mismos y menor peso tienen los salarios. Pero estos siguen siendo la parte principal. El coste de las baterías (compra de baterías, cargadores y coste de la carga) y consumo de datos *LTE* junto con otros costes como el alquiler de la infraestructura apenas componen un 20% de los costes operacionales. Se puede también efectuar un análisis viendo que ocurriría si se prescinde de los encargados de recoger los paquetes. Ya se ha comentado como este seguramente sea el futuro del *drone delivery*.

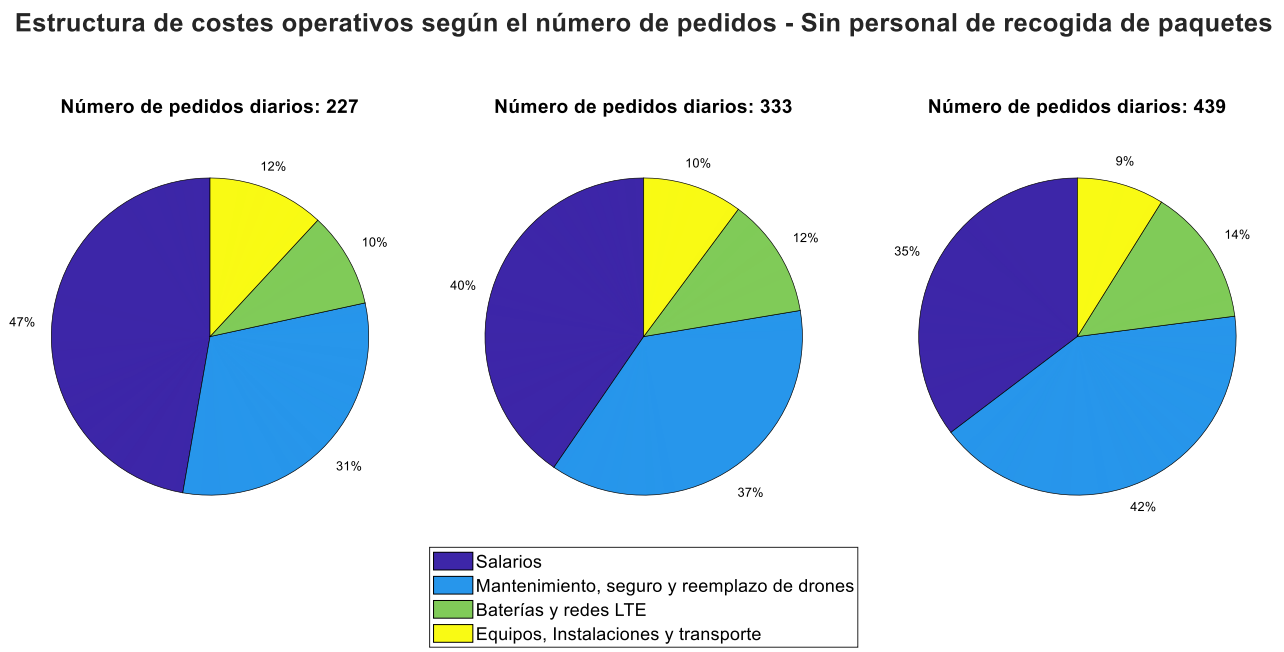


Figura 58.- Peso porcentual de cada tipo coste operativo sobre el total. Fuente: Elaboración propia.

En este caso el principal coste, como es de esperar, son los de mantenimiento, reemplazo y seguros de los drones. Esta es la estructura de costes que más o menos podría esperarse a futuro. Los drones serían reemplazados periódicamente y su mantenimiento sería gestionado desde unos centros específicos de forma conjunta.

9. Comparación del "drone delivery" con el sector convencional de "delivery"

9.1. Comparación de los tiempos de entrega

Un aspecto importante que puede compararse son los tiempos de entrega. Mediante los tiempos estimados proporcionados por *Google Maps* (mediante el uso de un *script* [64]) se ha conseguido obtener las distancias y tiempos de entrega en vehículos terrestres, que son los empleados por el momento por compañías como *Glovo* o *Just Eat*. Se han obtenido estos datos para el mapeo de las zonas de envío desde las 9:00 hasta las 00:00 horas, en intervalos de 1 hora. Se han tenido en cuenta los atascos a las horas puntas. Por otra parte se han tomado los datos los lunes (L), los días de diario normales (MXJ), los viernes (V), los sábados (S) y domingos (D). Se han obtenido los siguientes resultados:

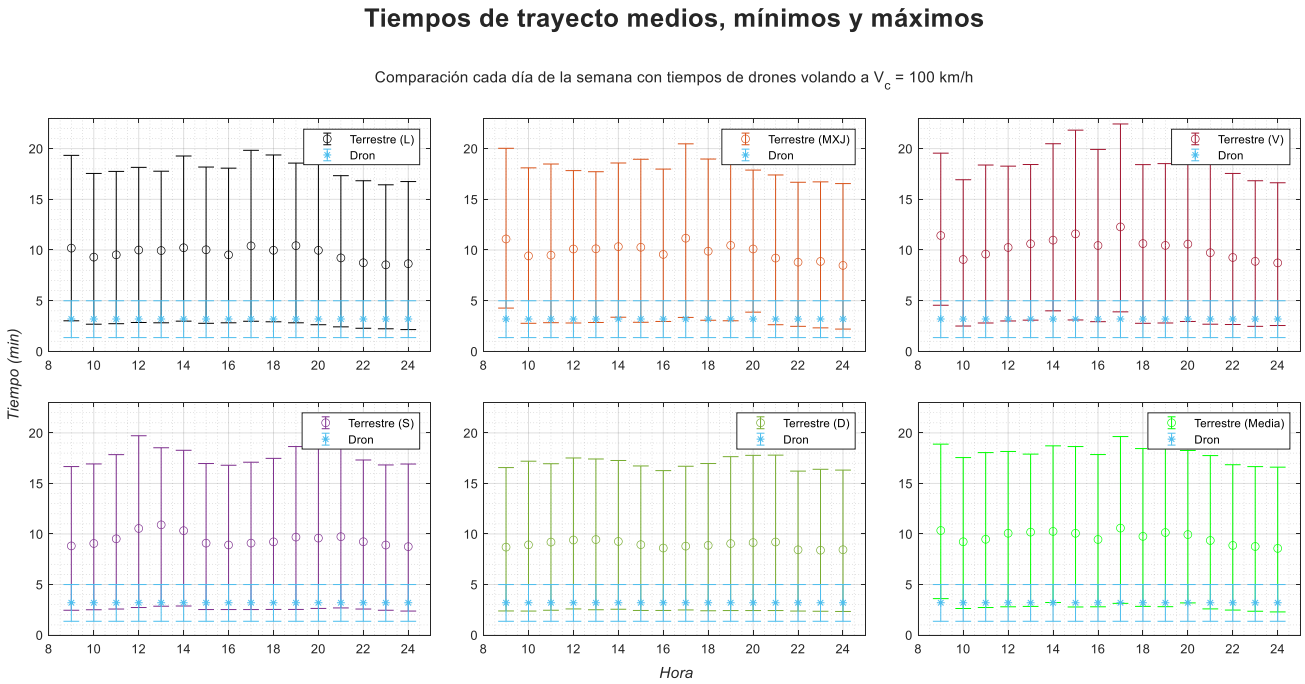


Figura 59.- Distribución de tiempos de trayectos en vehículo terrestre según la hora y el día de la semana. Comparación con los tiempos de trayecto de un dron. Fuente: Google Maps; Elaboración propia.

La media de tiempo por viaje de un trayecto en un vehículo terrestre es de 9,69 minutos (~5,59 km), mientras que la media el tiempo de trayecto medio de un dron no se sitúa en los 2,96 minutos. Por tanto, de media, un mismo trayecto se recorre 3 veces más rápido en dron que en vehículo terrestre. O se ahorran aproximadamente 6,7 minutos por viaje.

Pero como ya se ha comentado, para tener en cuenta el tiempo desde que el paquete sale del establecimiento hasta que le llega al cliente, se han añadido 3 minutos de media al envío con drones referentes al trayecto a pie para llegar hasta el dron. Se puede efectuar también el mismo análisis para el envío terrestre. Contando con un trayecto de 80 metros desde el establecimiento hasta el vehículo, se tardaría 1 minuto. Tomándose este valor, que puede ser conservativo, basándose en que algunos comercios se encuentran en las plantas altas o en lugar con difícil accesibilidad, que no suelen tener contacto directo con el exterior, a diferencia de comercios que tienen contacto directo con el exterior.

De esta forma, la diferencia de tiempos de envío (desde que sale el paquete del comercio hasta que le llega al consumidor final) efectuados con drones respecto a los tiempos de vehículos terrestres (dependiendo de la franja horaria y del día) quedaría de esta manera:

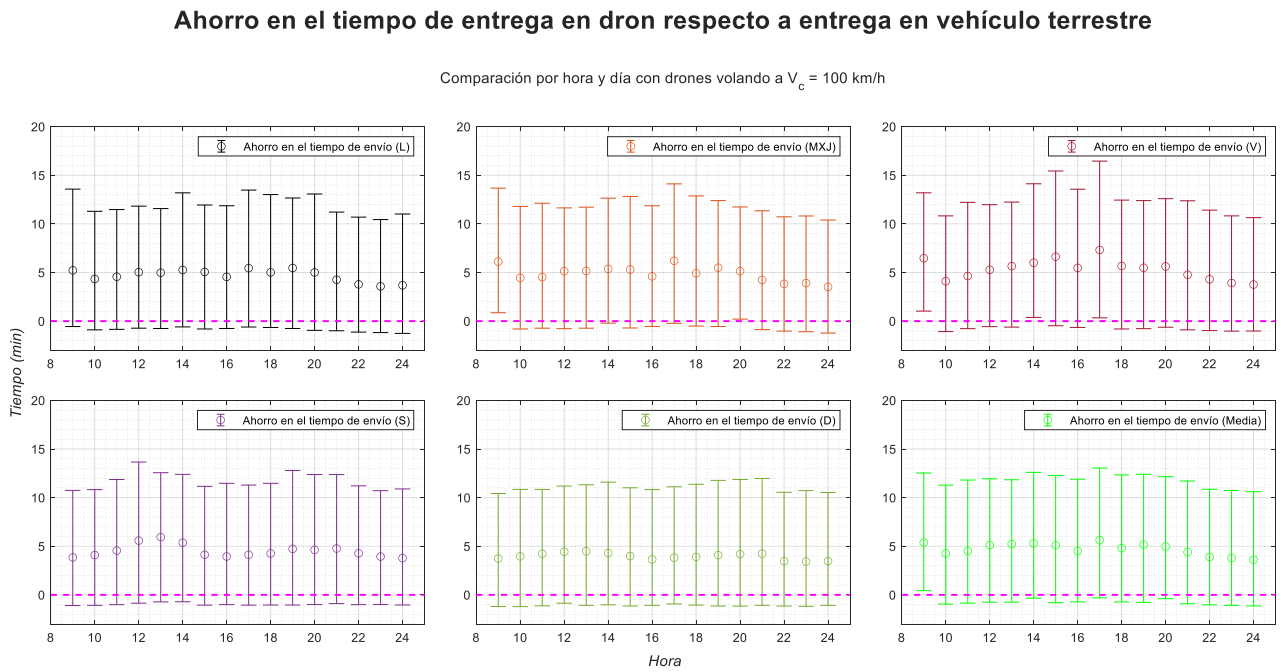


Figura 60.- Diferencia entre la distribución de tiempos de entrega en vehículo terrestre y los tiempos de entrega de un dron. Según la hora y el día de la semana teniendo en cuenta el trayecto completo desde el establecimiento hasta el punto de envío. Fuente: Google Maps; Elaboración propia.

Se observa como en la mayoría de las ocasiones el tiempo de entrega con dron es menor al tiempo de entrega con un vehículo terrestre. En este caso la mejora no es tan grande, y en algunos casos es contraproducente, en términos de tiempos de entrega. Solo existen algunas franjas horarias y zonas en las que el envío con dron puede no compensar demasiado según este análisis. En este caso, de media los ahorros en tiempos de entrega mediante el uso de drones ascienden a 4,7 minutos de media.

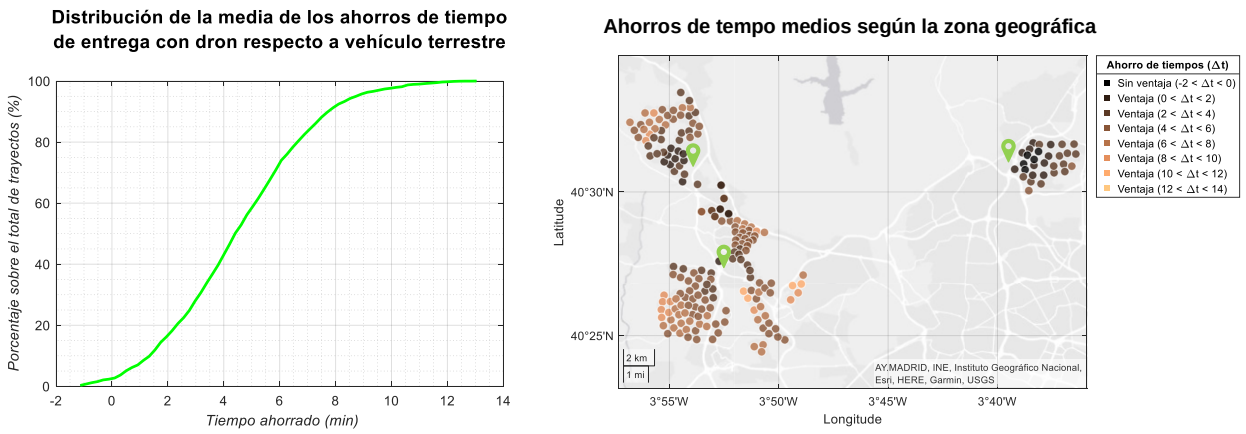


Figura 61.- Ahorros de tiempo de media representados sobre en forma de porcentaje sobre el total de trayectos y representados sobre el mapa. Fuente: Google Maps; Elaboración propia.

En estas dos últimas gráficas se refleja cómo, de media, la mayoría de las zonas de entrega se ven favorecidas por menores tiempos de entrega. Además, no siempre ocurre que las zonas a mayores distancias de los *hubs* tengan ahorros de tiempos mayores, si no que algunas zonas cercanas tienen ahorros de tiempos bastante grandes, por la difícil accesibilidad por carretera o un mayor tráfico.

Si únicamente se toman las horas puntas ya definidas, sobre todo horarios de cenas (20:00-23:00), y también comidas (13:00-16:00), los días viernes, sábado y domingo, los resultados serían:

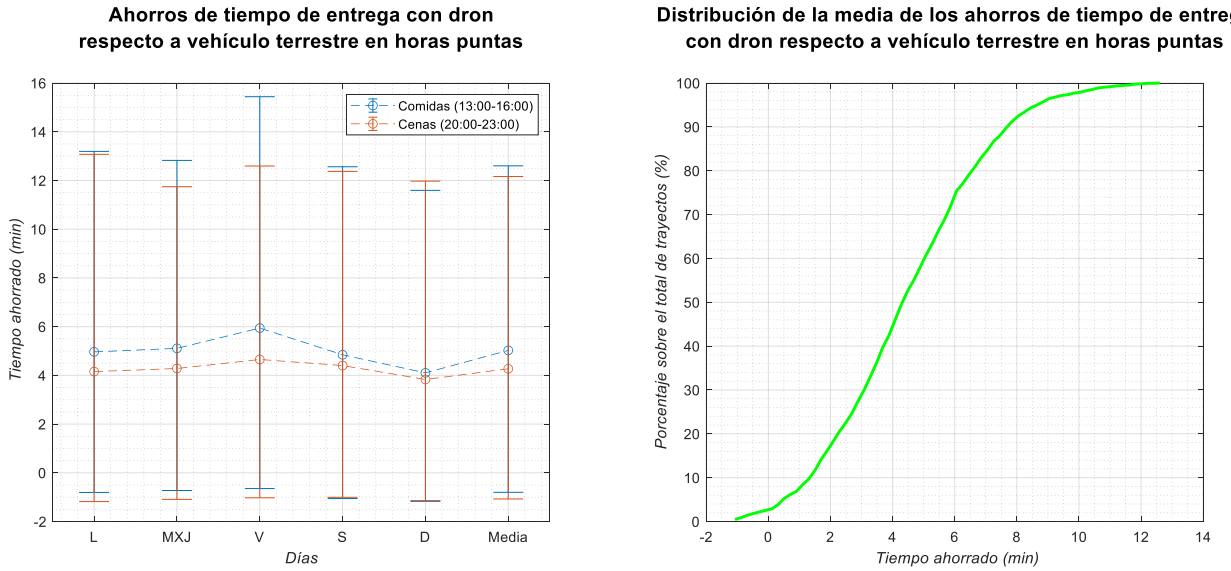


Figura 62.- Diferencia entre la distribución de tiempos de entrega en vehículo terrestre y los tiempos de entrega de un dron. Según el día de la semana y en las horas puntas donde se concentra más del 80% de los pedidos, teniendo en cuenta el trayecto completo desde el establecimiento hasta el punto de envío. Fuente: Google Maps; Elaboración propia.

Se observa como seguramente debido al tráfico, los mayores ahorros de tiempo se dan a las horas de comer. Por otro lado, se han estudiado los puntos en los que, al menos a una hora del día, el ahorro de

tiempo es negativo. En otras palabras, el envío con dron es más lento que el envío por vehículo terrestre, debido principalmente al problema de logística para llevar el paquete hasta el dron. Viendo en los distritos en los que se encuentran dichos puntos, se ha llegado a la conclusión de que esto afectaría alrededor de un 7%, siendo muy conservativo. Aunque esto puede cambiar si el criterio de estimación de los tiempos de entrega es diferente, en referencia al tiempo desde que el pedido está preparado hasta que se poner a disposición y se dirige a su destino, por el repartidor o el dron.

9.2. Comparación desde el punto de vista económico

En el sector del *food delivery* el envío se realiza a través de vehículos que no suelen aportar. Por tanto el gasto que le supone a *Uber Eats*, *Glovo* u otras compañías es principalmente el salario que deben de pagarle a sus trabajadores. Según portales de empleo, el salario medio en *Glovo* de un repartidor es de unos 8€/h. Este dato también lo afirma la patronal *Adigital*. Aunque en las grandes ciudades este sueldo puede alcanzar 12€/h o incluso más. Ya se ha visto como, de media, un *rider* tardará en hacer la entrega 9,69 minutos (~10 minutos si se cuentan trayectos desde su vehículo hasta el comercio siendo conservativos). Es decir, para satisfacer la demanda a las horas puntas se necesitarían entre 26 y 52 riders, ya que 10 minutos es únicamente el viaje de ida, el de vuelta serían otros 10. Esta cantidad de *riders* con salarios de 8€/h supondría unos costes bastante mayores a los que se tendría con los drones. A estos 8€/h se le tendrían que sumar la seguridad social y otros costes laborales, ascendiendo a ~10€/h.

Por otra parte, si se analiza lo que gana cada repartidor por pedido, según la *Unión General de Trabajadores (UGT)* se encuentra alrededor de 4€. Según *elperiodico.com* esta cantidad puede ascender a 6€ brutos por pedido. Según estas estimaciones un *rider* de media estaría completando 2 pedidos por hora. Por tanto, siendo muy conservativos, a una empresa de *delivery* de estas características le estaría costando 4€ efectuar cada pedido en España. Por otro lado, en la *App* de *Glovo* en el proceso de *checkout* (al confirmar el pedido) muestran que un repartidor suyo gana de media 4-5€ la hora más propinas. Se tomará un coste operacional de 4-6€ por pedido para la empresa de *delivery* tradicional.

Por último según un *rider* (lne.es en 2018) un repartidor de *Glovo* cobra 2,8€/pedido sumado a 0,05€/minuto y 0,3€/kilómetro. Es decir, en un viaje medio de 9,69 minutos y 5,59 kilómetros, le estaría costando a *Glovo* 4,96€. Esto está dentro de las estimaciones y no tiene en cuenta otros incentivos como bonos por lluvia o horarios nocturnos. Pero este coste puede haber cambiado a lo largo de estos últimos años.

Se presentan a continuación los costes operativos (sin contar los costes de estructura) que se tiene operando con drones y con una compañía tradicional de *delivery*.

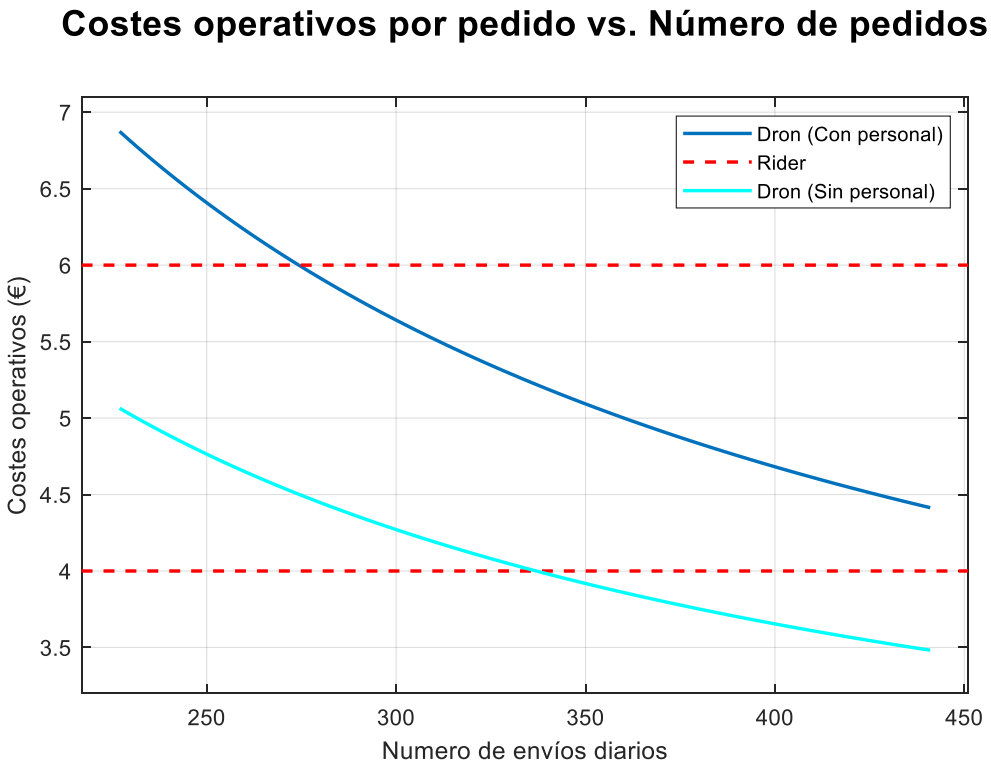


Figura 63.- Comparación de costes operativos (sin contar costes de estructura) con la compañía de delivery y la compañía operadora de drones. Costes operativos con y sin personal de recogida de paquetes. Fuente: Elaboración propia.

El coste por pedido de compañías tradicionales de *delivery* se ha considerado constante, pero también podría fluctuar dependiendo de factores como una mayor densidad de población y demanda de pedidos, que resultaría en un mayor número de pedidos por hora. Una conclusión importante de este análisis es que a día de hoy (se requiere personal de para recoger paquetes y llevarlos al dron), a no ser que la cantidad de pedidos sea alta, es complicado competir en términos de costes puramente operacionales con las compañías tradicionales de *delivery*. Sin embargo, en el futuro (cuando se pueda prescindir de estos trabajadores) los costes operativos pueden disminuir bastante, siendo incluso menores que los de las compañías de *delivery* convencional. Este es un punto muy importante, pues el objetivo de operar con drones es la autonomía. El objetivo final es que cada comercio contrate su servicio "alquilando" el dron. La compañía operadora de drones únicamente sería responsable de supervisar las operaciones con los pilotos, prescindiendo de los trabajadores que recogen y llevan los paquetes hasta el dron.

9.3. Ventajas y desventajas del "*drone delivery*" respecto a métodos de envío tradicionales

Una clara ventaja son los envíos fallidos en el sector del *E-commerce*. Una persona que pide un producto que es enviado con drones, tendrá un tiempo de entrega del orden de minutos. Si lo pide en este caso, es porque se encuentra en casa preparado para recibir su pedido. Aunque pudiera haber rechazos por una falta de seguridad en la zona fijada de envío.

Por otra parte, un sistema de envío con drones centralizado en tan solo unos pocos *hubs* y a través de una sola aplicación, da lugar a una capacidad de automatización alta. A través de la aplicación, se podría enviar un mensaje a la persona que ha efectuado su pedido para confirmar que se encuentra en casa. Si dicha persona no está en casa, se almacenaría el producto y en unas horas podría llevarse a cabo el proceso de nuevo.

Sin embargo en el *E-commerce* en general, este no es el caso. En 2020 el porcentaje de envíos fallidos llegaba a suponer el 24% del total de las ventas, aumentando mucho los costes de logística inversa para las compañías tradicionales. Otros datos de *La generalitat* en 2018 sugieren que un 23% de los envíos son fallidos (un 15,2% requieren una segunda visita y un 8,2% son devoluciones).

Se ha observado también como los tiempos de entrega pueden descender respecto a los que tardan los *riders* hasta 4,7 minutos por pedido. Esto significa una reducción de aproximadamente del 50% en el tiempo de envío sobre el tiempo que tarda un *rider*. Además, en los tiempos de vuelta volvería a ocurrir lo mismo. Por otra parte, los servicios proporcionados por los drones, estarían limitados en horarios nocturnos por problemas de ruido, un problema que no tendría un vehículo terrestre. Aunque esto podría solventarse volando a mayor altura y bajando el paquete también desde una altura mayor.

10. Conclusiones

El objetivo ha sido analizar desde diferentes enfoques la viabilidad de un negocio de logística con drones en España. Se han tratado sobre los factores más relevantes como los costes, la forma de operar y los riesgos que conllevan este tipo de proyectos, entre otros. También se ha visto como a nivel tecnológico ya es posible su desarrollo, con varios proyectos que han comenzado a coger tracción en estos últimos años en otros países. Aunque todavía la industria no es demasiado madura y existen grandes retos regulatorios, pese al enorme avance en los últimos años como el entorno *U-space*, que se espera que sea el futuro que siente las bases definitivas para las operaciones con drones.

Se ha observado como las operaciones de *drone delivery* han crecido exponencialmente en pocos años tras una década de espera en la que se bombardeaba con noticias sobre el futuro de este sector. Ahora han surgido empresas innovadoras como *Wing* o *Manna* que han conseguido hacer del *drone delivery* una realidad. El enfoque ha sido el *food delivery*, como el de los operadores existentes, al suponer una mayor ventaja respecto a métodos convencionales de *delivery* porque es primordial el tiempo de entrega y los valores de los productos específicos $\frac{Valor\ del\ producto\ (€)}{Peso\ del\ producto\ (kg)}$. Estos son lo suficientemente elevados para que tenga sentido el proyecto. Aunque el sector del *E-commerce* se espera que tome una posición muy relevante en algunos productos específicos como la ropa o productos tecnológicos entre otros, que tienen altos valores de producto y bajo peso.

El entorno regulatorio todavía no permite operaciones a gran escala porque hay que pasar por un proceso que no está estandarizado y es muy costoso en tiempo y dinero. Pero se prevé que la innovación en el sector siga creciendo y la regulación debería adaptarse. Esto es gracias a el crecimiento de proyectos europeos como el de *Manna*, que comienzan a ser más complejos y conseguir aceptación por parte de los consumidores, por lo que los reguladores se sentirán más cómodos a la hora de aprobar nuevos proyectos de similares características.

En línea con la aceptación de este tipo de servicio por parte del cliente, lo más importante es que en los entornos en los que el cliente ya ha tenido la oportunidad de disfrutar del *drone delivery* la aceptación se sitúa en órdenes del 90-98%, respecto a niveles de aceptación de entorno al 40-60% cuando esto no ocurre. Se demuestra así la viabilidad en términos sociales del servicio. Además, la mayoría de los problemas existentes se pueden solucionar. Bien sea la seguridad frente a hackeos (empleando redes LTE) o la privacidad (se emplean cámaras de baja resolución cuyos videos no son enviados a los operarios en vivo). Otros problemas necesitan de mejoras como el ruido, aunque se ha visto como está evolucionando y mejorando.

Se ha visto como existen muchas opciones para desarrollar un proyecto de estas características, pero se han considerado los Centros Comerciales como *hubs* de operaciones por la alta variedad de comercios a los que puede acceder el cliente final y una mayor facilidad logística, que soluciona en gran parte el principal inconveniente: el ruido. Aunque ya se ha explicado que el futuro de esta industria puede ser la descentralización (que cada comercio disponga de su propio dron que él mismo vuele y sea supervisado por la compañía operadora de drones) o el de la instalación de *hubs* situados en muchos lugares cercanos a viviendas con espacios limitados de entrega para acceder a mayores mercados.

Se ha decidido que la mejor opción es el empleo de drones híbridos (crucero como ala fija) dados sus mayores alcances y menores tiempos de vuelo junto a una alta maniobrabilidad. No se ha podido tomar datos directamente de un dron del mercado debido a la inexistencia de uno que se adaptara exactamente al buscado y cuya información fuese pública. Pero se ha podido estimar, gracias a los conocimientos adquiridos en la carrera, su consumo energético cuyo fin ha sido el de estimar los costes operativos y otras variables.

Esto último, los costes, han sido complicados de estimar por la escasa existencia de información en muchas áreas, pero se ha llegado a unos resultados en los que el principal coste operativo ha sido el de adquisición, mantenimiento y seguros de los drones debido a la necesidad de mantener un alto estándar de seguridad en las operaciones. Llegan a suponer 1,35€/ciclo mientras que otros como las baterías se ha observado que tienen bastante peso suponiendo ~0,4€/Ciclo. También se ha comprobado la alta barrera de entrada, con altos costes de aprobación del proyecto debido a un exhaustivo estudio por parte de las autoridades y la necesidad del testeo de la tecnología, previo a comenzar las operaciones comerciales. Sin embargo, el principal coste operativo sigue siendo el laboral. Aunque la expectativa a futuro sería una reducción del mismo prescindiendo de los operarios de recogida de paquetes, haciendo mucho más viable económicamente este tipo de proyectos.

Mediante varios análisis de negocio se han observado puntos a favor como los menores costes laborales o menores tiempos de entrega comparados con el sector convencional así como una regulación que evoluciona positivamente, al contrario de la regulación en el sector convencional (*Ley Rider*). Aunque existen otros problemas como los costes fijos, en ocasiones demasiado elevados como para hacer de este negocio viable para bajos volúmenes de pedidos, y factores externos no controlables como la meteorología o imposibilidad de sobrevolar diferentes zonas por temas de seguridad o legales que dificulten las operaciones y aumenten los tiempos de vuelo. Se ha tratado de resolver los actuales problemas de escasa o nula rentabilidad de las plataformas actuales como *Glovo* además de reducir las altas comisiones que recaen sobre los comercios que emplean dichas plataformas.

Con todos los factores estudiados, incluyendo la estimación de la demanda así como el análisis de costes y de negocio, se ha averiguado mediante el análisis VAN-TIR como el negocio podría ser rentable si el número de pedidos es elevado (mayor a 330/410 para conseguir generar beneficios con tarifas de envío de 7/6€ sin IVA). También se han analizado dos escenarios que podrían ser reales en los que la sensibilidad del precio por envío es muy alta y muy probablemente con el objetivo de ganar cuota de mercado, el negocio podría tardar en recuperar su inversión inicial hasta periodos de 11-16 años.

En la comparación con los principales competidores del sector convencional de *food delivery* se ha observado una clara mejora en términos de tiempos de entrega. Los vuelos con drones son 3 veces más rápidos que los obtenidos con vehículos terrestres. Y aunque las localizaciones de los *Nests* no sean las más óptimas por restricciones de ruido, se consiguen ahorros de 4,7 minutos de media en los tiempos de entrega. Es decir, se reduce el tiempo de espera de un cliente desde que el producto está preparado más de la mitad respecto a vehículos terrestres. Por otro lado en términos económicos, los costes operativos en el *drone delivery* podrán llegar a ser menores a los del sector de *delivery* convencional con la suficiente escala de pedidos. Especialmente cuando se consiga prescindir de los operarios de recogida, donde este tipo de negocios alcanzaría un atractivo enorme y mucho más versátil. Esto permitiría las operaciones en muchas más zonas y disponiendo de costes operativos menores a 4€/ciclo cuando se consiguen más de 340 pedidos diarios.

En resumen, hay muchas magnitudes que influyen a la rentabilidad del proyecto, y un análisis mucho más detallado sería más que interesante en un futuro. Se podría analizar de forma más exhaustiva cada coste y, sobre todo, contar con ayuda de organismos reguladores como la *AESA/EASA* para todos los temas regulatorios ya que, pese a haber solicitado ayuda al departamento de drones, no se ha conseguido.

Habría sido interesante una relación más directa con fabricantes de drones para que se pudiera haber analizado el proceso de funcionamiento de sus drones y un análisis más detallado del mantenimiento. O también obtener *feedback* de los habitantes de las localizaciones en las que se pretende trabajar mediante un cuestionario. Esto mismo se podría haber hecho con los comercios para preguntarles si hubiesen estado interesados en un servicio de estas características. Es decir, un estudio de mercado.

Por último, se podría plantear un escenario logístico en el que se contemplen número de pedidos de forma aleatoria, adecuados a la estimación de demanda, junto a otras variables como el tiempo de carga de las baterías y el estudio más a fondo del tiempo empleado en transportar el paquete del comercio hasta el dron en función del establecimiento. Se considera una buena introducción, en la que se han tenido en cuenta muchos parámetros importantes, pero que requiere profundizar más.

11. Glosario

[RPA]	Remotely Piloted Aircraft (Normalmente empleado para drones civiles)
[RPAS]	Remotely Piloted Aircraft System (Similar definición a los *UAS*)
[*AESA*]	Agencia Estatal de Seguridad Aérea
[*EASA*]	European Union Aviation Safety Agency
[*FAA*]	Federal Aviation Administration
[*VLOS*]	Visual Line of Sight
[*BVLOS*]	Beyond Visual Line of Sight
[*LiPo*]	Litio-Polímero
[M / M€]	Millones / Millones de euros
[VAN y TIR]	Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno
[*DAFO*]	Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades

Operador de drones	Persona u organización que posee o alquila drones registrados.
Piloto de drones	Persona que vuela/dirige/supervisa los drones, sin requerimiento de comprarlos o alquilarlos.
Certificado de Tipo	Es un documento emitido por la Autoridad competente que aprueba la aeronavegabilidad del diseño de una aeronave. Es decir, permite que una aeronave sea fabricada de acuerdo y exclusivamente con el diseño aprobado.
Punto muerto o *breakeven*	Es el momento en el que los costes totales igualan a los ingresos totales. Es decir, el beneficio sería nulo.
Repartidor o *rider*	Repartidores de entrega a domicilio mediante plataformas digitales como *Glovo o Just Eat*.
Nests	Zonas de despegue y aterrizaje de los drones
Hubs	Zonas donde se ubican los centros de operaciones (en los centros comerciales)

12. Índice de Figuras y Tablas

Figuras

Figura 1.- Crecimiento del E-commerce en USA. Fuente: US Dept. of Commerce. 8
Figura 2.- Crecimiento normalizado de ventas de plataformas de delivery. Fuente: Edison Trends, McKinsey. 10
Figura 3.- Análisis de costes y beneficios de un restaurante que emplea plataformas de delivery. Fuente: Edison trends, National Restaurant Association, McKinsey. 10
Figura 4.- Mercado del envío comercial con drones a nivel mundial. Fuente: McKinsey. 11
Figura 5.- Acontecimientos relevantes sobre el uso de UAVs para envíos comerciales. Fuente: Elaboración propia a partir de noticias y blogs oficiales de las compañías. 14
Figura 6.- VLOS, EVLOS y BVLOS. Fuente: Soarizon (Thales). 17
Figura 7.- Categorías de riesgo en las "Special Condition". Fuente: EASA, Elaboración propia 18
Figura 8.- Análisis de ingresos y costes en un restaurante con un servicio de delivery contratado. Fuente: Edison trends & National Restaurant Association. 23
Figura 9.- Zona de operaciones de Manna en Balbriggan, Irlanda. Fuente: App de Manna. 26
Figura 10.- Percepción de envío de paquetes con drones en Alemania y USA según el tipo de localización. Fuente: GUAA y RARC. 30
Figura 11.- Redes 4G y 5G para la comunicación con los drones. Fuente: [29]. 35
Figura 12.- Franjas de mayor demanda de comida a domicilio. Fuente: Just Eat; Elaboración propia. 38
Figura 13.- Compras online según renta. Fuente: Compras online en España. Edición 2021. ONTSI. 39
Figura 14.- Zonas de operación objetivo. Fuente: Elaboración propia. 41
Figura 15.- Restricciones a los vuelos de RPAS (UAS) en la Comunidad de Madrid. Fuente: Enaire. 42
Figura 16.- Mapa de la renta (Abril, 2021). Fuente: El País; INE. 43
Figura 17.- Entregas de comida a domicilio según la densidad de población. Fuente: Edison Trends; McKinsey. 44
Figura 18.- Mapa de las zonas de envío y hubs. Fuente: Elaboración propia. 46
Figura 19.- Nivel de Presión Sonora para distintos drones vs. Distancia. Fuente: Paper [35]; Blog; Vídeo. 48
Figura 20.- Métodos de envío preferentes según un cuestionario de respuesta múltiple. Fuente: Estudio Anual de Conversión en Negocios Digitales (Flat 101) [1]. 50
Figura 21.- Esquema logístico de la entrega de un pedido. Fuente: Elaboración propia. 51
Figura 22.- Porcentaje de usuarios de internet que realiza pedidos de comida a domicilio según el país. Fuente: Hootsuite; Globalwebindex.com (Enero, 2021). 55
Figura 23.- Tiempos de envío esperados en función del coste de envío pagado por el cliente. Fuente: Flat 101 [1]. 59
Figura 24.- Porcentajes de volumen de negocio y transacciones del E-commerce en España en diferentes categorías. 60
Figura 25.- Volumen por transacción en diferentes categorías. Fuente: CNMC Data 60
Figura 26.- Análisis de la demanda según la renta y población objetivo en cada ubicación. Fuente: Elaboración propia. 63
Figura 27.- Esquema del modelo de ingresos y costes para el Operador, Comercio y Cliente final. Fuente: Elaboración propia. 65
Figura 28.- Esquema del modelo de tarifas y comisiones desde la perspectiva de un comercio. Los precios y costes tienen en cuenta el IVA. Fuente: Elaboración propia. 65

Figura 29.- Modelo de costes según precio por pedido. Fuente: Elaboración propia. 66
Figura 30.- Tipos de drones. Fuente: Especificada en los pies de cada imagen; Elaboración propia. 67
Figura 31.- Tipos de drones. Ventajas y desventajas. Fuente: Elaboración propia. 68
Figura 32.- Dron en el que se basa el modelo de consumo de potencia. Fuente: Página web de Wing; TechCrunch. 70
Figura 33.- Sistema de transmisión de potencia en la propulsión. Fuente: Elaboración propia. 73
Figura 34.- Empuje de cada rotor y la intensidad requerida en función de su velocidad angular. Fuente: Especificaciones técnicas del rotor Antygravity MN5006 KV300 18 inch. 74
Figura 35.- Potencia e Intensidad (para un voltaje nominal de 22.2 V) necesaria para vuelo a punto fijo. Comparación del modelo con el dron Astro (Freefly). Fuente: Elaboración propia a partir del modelo EVC. 77
Figura 36.- Estudio de la variación de potencia de ascenso en función de la velocidad ascensional y su repercusión sobre el tiempo y consumos totales en un viaje (ida y vuelta) a un destino a 3 km de distancia (en línea recta). Fuente: Elaboración propia a partir del modelo EVC. 79
Figura 37.- Estudio de la variación de potencia de descenso en función de la velocidad de descenso y su repercusión sobre el tiempo y consumos totales en un viaje (ida y vuelta) a un destino a 3 km de distancia (en línea recta). Fuente: Elaboración propia a partir del modelo EVC. 81
Figura 38.- Estudio de la variación de potencia de crucero en función de la velocidad de crucero y su repercusión sobre el tiempo y consumos totales en un viaje (ida y vuelta) a un destino a 3 km de distancia (en línea recta). Fuente: Elaboración propia a partir del modelo EVC. 82
Figura 39.- Variación del consumo de potencia según la fase de vuelo y la masa en vuelo. Fuente: Elaboración propia a partir del modelo EVC. 83
Figura 40.- Distribución de distancias recorridas por el dron. Fuente: Elaboración propia. 85
Figura 41.- Distribución de tiempos de vuelo en el viaje de ida, de vuelta y total. Fuente: Elaboración propia. 86
Figura 42.- Tiempos de envío. Fuente: Elaboración propia. 87
Figura 43.- Clasificación de los costes del proyecto. Fuente: Elaboración propia. 90
Figura 44.- Distribución de tasas de fallo según subsistemas en UAVs cada 1.000 fallos. Fuente: Barnard Microsystems Inc. [13]. 95
Figura 45.- Capacidad vs. Ciclos en baterías LiPo. Fuente: Honcell.com; Lipobattery.us; farnell.com; uk.rs-online.com; grepow.com; lipolbattery.com. 101
Figura 46.- Capacidad necesaria en los diferentes puntos de envío así como las capacidades máximas y útiles de cada batería. Fuente: Elaboración propia a partir del modelo de potencia. 102
Figura 47.- Precios de las baterías LiPo 6s según su capacidad. Fuente: diferentes fabricantes (DJI, HRB, Tattu, ZYE, Desire entre otros). 104
Figura 48.- Salarios (sumando un 30% como coste de seguridad social y otros costes de contratación) y funciones del personal en las oficinas centrales de la empresa. Fuente: Elaboración propia a partir de salarios en Indeed y Glassdoor. 107
Figura 49.- Las 5 fuerzas de Porter. Fuente: Ilustración de simla.com. 121
Figura 50.- Análisis DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades). Fuente: Elaboración propia. 124
Figura 51.- Las 7 P's del marketing. Fuente: Elaboración propia. 125
Figura 52.- Beneficios anuales y acumulados según el escenario de la demanda. Fuente: Elaboración propia. 127
Figura 53.- Análisis VAN-TIR. Fuente: Elaboración propia. 129
Figura 54.- Beneficios acumulados en el Escenario 1 (Crecimiento constante de la demanda). Fuente: Elaboración propia. 131

Figura 55.- Beneficios acumulados en el Escenario 2 (Ganancia de cuota de mercado). Fuente: Elaboración propia. 132
Figura 56.- Precio cobrado al comercio por envío frente al número de envíos para lograr beneficios nulos (breakeven). Fuente: Elaboración propia. 133
Figura 57.- Peso porcentual de cada tipo coste operativo sobre el total. Fuente: Elaboración propia.... 134
Figura 58.- Peso porcentual de cada tipo coste operativo sobre el total. Fuente: Elaboración propia.... 135
Figura 59.- Distribución de tiempos de trayectos en vehículo terrestre según la hora y el día de la semana. Comparación con los tiempos de trayecto de un dron. Fuente: Google Maps; Elaboración propia. 136
Figura 60.- Diferencia entre la distribución de tiempos de entrega en vehículo terrestre y los tiempos de entrega de un dron. Según la hora y el día de la semana teniendo en cuenta el trayecto completo desde el establecimiento hasta el punto de envío. Fuente: Google Maps; Elaboración propia. 137
Figura 61.- Ahorros de tiempo de media representados sobre en forma de porcentaje sobre el total de trayectos y representados sobre el mapa. Fuente: Google Maps; Elaboración propia. 138
Figura 62.- Diferencia entre la distribución de tiempos de entrega en vehículo terrestre y los tiempos de entrega de un dron. Según el día de la semana y en las horas puntas donde se concentra más del 80% de los pedidos, teniendo en cuenta el trayecto completo desde el establecimiento hasta el punto de envío. Fuente: Google Maps; Elaboración propia. 138
Figura 63.- Comparación de costes operativos (sin contar costes de estructura) con la compañía de delivery y la compañía operadora de drones. Costes operativos con y sin personal de recogida de paquetes. Fuente: Elaboración propia. 140

Tablas

Tabla 1.- Comisiones medias de empresas de "delivery" a los clientes finales. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos en las Apps de las diferentes empresas. 21
Tabla 2.- Comisiones de empresas de "delivery" a los restaurantes/comercios. Fuente: Varios sitios web (2022). 22
Tabla 3.- Riesgos por percepción del consumidor. Fuente: Diversas fuentes; Elaboración propia. 35
Tabla 4.- Comparación de diferentes factores en diferentes localizaciones. Fuente: INE (España); CSO (Irlanda); ABS (Australia), WeatherSpark; Wikipedia. 42
Tabla 5.- Hubs (Centros comerciales) en cada zona de estudio. Fuente: Elaboración propia. 45
Tabla 6.- Localización de los Nests en los centros comerciales. Fuente: Google Maps; Elaboración Propia. 49
Tabla 7.- Demanda de diferentes compañías de "drone delivery" en los últimos años. Fuente: Wing Blog; Manna CEO; dronedj.com. 55
Tabla 8.- Estadísticas sobre el mercado de "food delivery" en España. Fuente: Elaboración propia a partir de diversos estudios. 57
Tabla 9.- Demanda de número de pedidos estimada para el proyecto en función del día de la semana y sector. Fuente: Elaboración propia. 62
Tabla 10.- Características principales de los drones de Amazon, Wing y el buscado en este trabajo. Fuente: Páginas web de Wing; techmonitor.ai. 69
Tabla 11.- Especificaciones técnicas del UAV junto a otras variables de operaciones. Fuente: Elaboración propia 72
Tabla 12.- Otras variables empleadas en el modelo. Fuente: Elaboración propia. 73
Tabla 13.- Características técnicas del rotor y sus palas. Fuente: especificaciones directas del fabricante

y estimaciones propias a partir de dichas especificaciones. 75
Tabla 14.- Comparación de consumo específico de diversos drones para las distintas etapas. Fuente: Elaboración propia. 84
Tabla 15.- Tiempos medios (en minutos) de viajes de ida, vuelta y totales dependiendo de la velocidad de crucero. Fuente: Elaboración propia. 88
Tabla 16.- Precios y características técnicas de distintos drones. Fuente: Página web de Deltaquad; Equipo de ventas de Wingtra; Diferentes páginas web de ventas; Equipo de ventas del SkyEye Sierra VTOL; Tienda Freefly. 92
Tabla 17.- Número de drones necesarios dependiendo del escenario de demanda anticipada. Fuente: Elaboración propia. 94
Tabla 18.- Drones requeridos según la zona. Fuente: Elaboración propia. 94
Tabla 19.- Costes de mantenimiento y adquisición de nuevos drones. Promedio anual para toda la flota. Fuente: Elaboración propia. 99
Tabla 20.- Características técnicas según el tipo de batería [57]. 100
Tabla 21.- Baterías necesarias según el escenario de demanda. Fuente: Elaboración propia. 105
Tabla 22.- Puntos de carga necesarios. Fuente: Elaboración propia. 110
Tabla 23.- Otros costes operativos. Fuente: Elaboración propia. 113
Tabla 24.- Proveedores y costes de aplicaciones de delivery. Fuente: Blogs de las compañías; Elaboración propia. 115
Tabla 25.- Salarios (sumando un 30% como coste de seguridad social y otros costes de contratación) y funciones del personal en las oficinas centrales de la empresa. Fuente: Elaboración propia en función de estadísticas publicadas de Indeed en junio 2022. 117
Tabla 26.- Gastos de alquileres, compra de equipos de oficina y gastos en asesorías. Fuente: Elaboración propia. 118
Tabla 27.- Gastos totales referentes a las operaciones. Fuente: Elaboración propia. 119
Tabla 28.- Gastos comunes atribuibles al proyecto en la Comunidad de Madrid. Fuente: Elaboración propia. 120

Ecuaciones

(1) 47
(2) 62
(3) 76
(4) 76
(5) 76
(6) 78
(7) 78
(8) 78
(9) 78
(10) 78
(11) 80
(12) 80
(13) 80
(14) 80
(15) 80
(16) 82

(17) 103

13. Material adicional

Link a la carpeta de GitHub: Código de Matlab empleado junto a otros archivos

14. Bibliografía

[1] "Estudio Anual de Conversión en Negocios Digitales (2022)".

[2] A. del Barrio, "El boom de los supermercados fantasma: la compra en 10 minutos," *El Mundo*, Dec. 2021.

[3] K. Ahuja, V. Chandra, V. Lord, and C. Peens, "Ordering in: The rapid evolution of food delivery Succeeding in the fast-growing food-delivery ecosystem will require understanding how overlapping economic forces affect a complex web of stakeholders," 2021.

[4] R. Panko, "Drone Delivery Data: 36% of Online Shoppers Are More Likely to Purchase an Item Delivered by Drone," Jan. 21, 2020.

[5] "A brief History of Drones," *Imperial War Museums*.

[6] R. Shokirov, N. Abdujabarov, T. Jonibek, K. Saytov, and S. Bobomurodov, "Prospects of the Development of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs)," *Technical science and innovation*, vol. 2020, no. 3, pp. 4–8, Sep. 2020, doi: 10.51346/tstu-01.20.3-77-0069.

[7] "Zipline Drone Delivery," *Wikipedia*.

[8] A. Zoroa, "Historia de la Regulación Dron Española," Dec. 2019, Accessed: Apr. 19, 2022. [Online]. Available: https://exodronics.com/es/historia-regulacion-dron-espanola/

[9] The SOARIZON Team, "What are VLOS, EVLOS and BVLOS? Why do they affect drone operations?," *SOARIZON*, Sep. 2020.

[10] EASA Drones team, "The specific category and the drone design verification process," *EASA*, May 2021, Accessed: May 27, 2022. [Online]. Available: https://www.easa.europa.eu/downloads/127716/en

[11] L. García, "De ComerComer a La Nevera Roja, los primeros pasos del 'delivery' en España antes de la 'era Glovo': 'Pedir la comida a domicilio a través del móvil sonaba a ciencia ficción,'" *Business Insider*, Feb. 2022.

[12] L. Garcia, "El 'delivery' se consolida y vislumbra la rentabilidad: retos y desafíos para Glovo, Uber Eats, Just Eat y otros gigantes del reparto a domicilio en el 2022," *Business Insider*, Jan. 2022.

[13] Wing Team, "Wing Blog." https://blog.wing.com/ (accessed Apr. 22, 2022).

[14] "Manna CEO interview | Drone Delivery As a Service," 2021.

[15] W. de Jager, "Manna Drone Delivery - Drone XL," *DroneXL*, May 2022, Accessed: May 27, 2022. [Online]. Available: https://dronexl.co/2022/05/04/manna-drone-delivery/

[16] Paul Barron Network, "Flytrex CEO interview | 5min Food Delivery Drone," 2021.

[17] D. Coldewey, "Drone crash near kids leads Swiss Post and Matternet to suspend autonomous deliveries," *TechCrunch*, Jul. 2019.

[18] E. Roth, "Amazon is still struggling to make drone deliveries work - The Verge," *The Verge*, 2022, Accessed: May 20, 2022. [Online]. Available: https://www.theverge.com/2022/4/11/23020549/amazon-struggling-drone-deliveries-prime-air-bezos#:~:text=Former%20Amazon%20CEO%20Jeff%20Bezos,Amazon%20packages%20to%20our%20doorsteps.

[19] K. Long and E. Kim, "Amazon Prime Air to Recruit Thousands to Test Drone Delivery This Year," *Insider*, Mar. 2022.

[20] "Perspectives on drone delivery." Accessed: May 19, 2022. [Online]. Available: https://maap.ictas.vt.edu/content/dam/maap_ictas_vt_edu/Perspectives-on-drone-delivery.pdf

[21] H. Eißfeldt, V. Vogelpohl, and A. End, "Investigating attitudes towards drone delivery."

[22] "Public Perception of Drone Delivery in the United States RARC Report," 2016.

[23] "A Q&A with Manna CEO Bobby Healy".

[24] K. Rattigan, "Final BVLOS ARC Report Issued with over 70 Recommendations for the FAA," *JDSUPRA*, Mar. 2022.

[25] R. Medina Caballero, "UAS Bulletin (ECAC)," *ECAC*, Dec. 2021.

[26] "Iris Automation receives second FAA BVLOS waiver without visual observers," *MundoGEO*, 2022, Accessed: May 31, 2022. [Online]. Available: https://mundogeo.com/en/2022/04/07/iris-automation-receives-second-faa-bvlos-waiver-without-visual-observers/#:~:text=The%20BVLOS%20waiver%20allows%20the,visual%20contact%20with%20the%20drone.

[27] E. Petritoli, F. Leccese, and L. Ciani, "Reliability and maintenance analysis of unmanned aerial vehicles," *Sensors (Switzerland)*, vol. 18, no. 9, Sep. 2018, doi: 10.3390/s18093171.

[28] J. Spires, "Drone deliveries take off in Latvia for the first time," *Drone DJ*, Jan. 2021.

[29] M. Santiago, "ESTUDIO DE INTEGRACIÓN DE DRONES CON LA AVIACIÓN COMERCIAL EN EL ÁMBITO DE LOS SISTEMAS DE COMUNICACIÓN." Accessed: Jun. 21, 2022. [Online]. Available: http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/97206/2/msahernandezTFM06209-Presentacion.pdf

[30] "El Gastrómetro 2021 de Just Eat."

[31] "Compras online en España," Nov. 2021. doi: 10.30923/094-21-106-X.

[32] "El mapa de la renta de los españoles, calle a calle." [Online]. Available: https://elpais.com/economia/2021-04-29/el-mapa-de-la-renta-de-los-espanoles-calle-a-calle.html

[33] "Easy Access Rules for Unmanned Aircraft Systems - Revision from September 2021 _ EASA".

[34] T. Langen, V. Nunavath, and O. H. Dahle, "A conceptual framework proposal for a noise modelling service for drones in U-space architecture," *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 19, no. 1, Jan. 2022, doi: 10.3390/ijerph19010223.

[35] B. Schäffer, R. Pieren, K. Heutschi, J. M. Wunderli, and S. Becker, "Drone noise emission characteristics and noise effects on humans—a systematic review," *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 18, no. 11. MDPI AG, Jun. 01, 2021. doi: 10.3390/ijerph18115940.

[36] "Nota de Prensa CNMC sobre el comercio electrónico," 2022. [Online]. Available: http://www.cnmc.esCorreoelectrónico:mailto:prensa@cnmc.es

[37] Ö. Dündar, M. Bilici, and T. Ünler, "Design and performance analyses of a fixed wing battery VTOL UAV," *Engineering Science and Technology, an International Journal*, vol. 23, no. 5, pp. 1182–1193, Oct. 2020, doi: 10.1016/j.jestch.2020.02.002.

[38] "Airworthiness Criteria: Special Class Airworthiness Criteria for the Amazon Logistics, Inc.

MK27–2 Unmanned Aircraft," 2022.

[39] P. Kaparos, C. Bliamis, and K. Yakinthos, "Conceptual design of a uav with vtol characteristics," in *AIAA Aviation 2019 Forum*, 2019, pp. 1–11. doi: 10.2514/6.2019-3137.

[40] J. Zhang, J. F. Campbell, D. C. Sweeney, A. C. Hupman, and D. C. Sweeney II, "Energy Consumption Models for Delivery Drones: A Comparison and Assessment Drone Delivery View project Arc routing problems with drones View project Energy Consumption Models for Delivery Drones: A Comparison and Assessment," 2020. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/341945067

[41] M. Kontitsis, K. P. Valavanis, and R. Garcia, "A Simple Low Cost Vision System for Small Unmanned VTOL Vehicles."

[42] Institute of Electrical and Electronics Engineers, *2018 IEEE 88th Vehicular Technology Conference (VTC-Fall) : proceedings : Chicago, IL, USA, 27-30 August 2018.*

[43] R. D'Andrea, "Guest editorial can drones deliver?," *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, vol. 11, no. 3. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., pp. 647–648, 2014. doi: 10.1109/TASE.2014.2326952.

[44] A. Kasliwal *et al.*, "Role of flying cars in sustainable mobility," *Nature Communications*, vol. 10, no. 1, Dec. 2019, doi: 10.1038/s41467-019-09426-0.

[45] J. Gordon. Leishman, *Principles of helicopter aerodynamics*. Cambridge University Press, 2006.

[46] P. J. Boschetti, E. M. Cárdenas, and A. Amerio, "Aerodynamic optimization of an UAV design," in *Collection of Technical Papers - AIAA 5th ATIO and the AIAA 16th Lighter-than-Air Systems Technology Conference and Balloon Systems Conference*, 2005, vol. 2, pp. 916–932. doi: 10.2514/6.2005-7399.

[47] R. E. M. Nasir, F. Mohamed, R. Ramly, A. M. I. Mamat, W. Wisnoe, and W. Kuntjoro, "Flight performance of various blended wing-body small UAV designs," *Jurnal Teknologi*, vol. 75, no. 8, pp. 71–75, Aug. 2015, doi: 10.11113/jt.v75.5214.

[48] G. Landolfo and A. Altman, "Aerodynamic and Structural Design of a Small Nonplanar Wing UAV," 2009.

[49] C. Harvey and D. J. Inman, "Aerodynamic efficiency of gliding birds vs comparable UAVs: a review Bioinspiration and Biomimetics Journal," 2021. [Online]. Available: https://doi.org/XXXX/XXXX

[50] P. Deshpande *et al.*, "Experimental Investigation of Effect of Winglets on the Aerodynamic Performance of a Mini UAV," *Journal of Aerospace Engineering*, vol. 34, no. 1, p. 04020089, Jan. 2021, doi: 10.1061/(asce)as.1943-5525.0001206.

[51] C. W. Chan and T. Y. Kam, "A procedure for power consumption estimation of multi-rotor unmanned aerial vehicle," in *Journal of Physics: Conference Series*, May 2020, vol. 1509, no. 1. doi: 10.1088/1742-6596/1509/1/012015.

[52] T. Keeney, "How Can Amazon Charge $1 for Drone Delivery?," May 2015, Accessed: May 23, 2022. [Online]. Available: https://ark-invest.com/articles/analyst-research/drone-delivery-amazon/

[53] B. Aydin and S. Singha, "A Regression Analysis Study Examining the Price of Drones."

[54] M. De, M. Molina, V. Santamarina, and C. Editors, "SPRINGER BRIEFS IN LAW Ethics and Civil Drones European Policies and Proposals for the Industry." [Online]. Available: http://www.springer.com/series/10164

[55] Patrik Rusnak, Elena Zaitseva, Miroslav Kvassay, Vyacheslav Kharchenko, and Herman Fesenko, *Reliability Assessment of Heterogeneous Drone Fleet With Sliding Redundancy*. 2019.

[56] "DRONES: TOTAL COST OF OWNERSHIP (TCO)," Aug. 2017.

[57] A. Townsend, I. N. Jiya, C. Martinson, D. Bessarabov, and R. Gouws, "A comprehensive review of energy sources for unmanned aerial vehicles, their shortfalls and opportunities for

improvements," *Heliyon*, vol. 6, no. 11. Elsevier Ltd, Nov. 01, 2020. doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e05285.

[58] Hyperion, "A Guide to Understanding LiPo Batteries," 2016. [Online]. Available: www.Hyperion-world.com

[59] R. Guirado, J. C. Padró, A. Zoroa, J. Olivert, A. Bukva, and P. Cavestany, "Stratotrans: Unmanned aerial system (uas) 4g communication framework applied on the monitoring of road traffic and linear infrastructure," *Drones*, vol. 5, no. 1, pp. 1–14, 2021, doi: 10.3390/drones5010010.

[60] "Drone delivery has arrived in Texas | Wing." 2022.

[61] R. Ocón, "Seguros baratos para Drones ¿cual elegir?," *DroneGuru*, Feb. 2022.

[62] J. Park, S. Kim, and K. Suh, "A comparative analysis of the environmental benefits of drone-based delivery services in urban and rural areas," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 10, no. 3, Mar. 2018, doi: 10.3390/su10030888.

[63] A. González, "Ya no tendría sentido exigir un mínimo de compra para el pago con tarjeta," Sep. 2020. Accessed: Jun. 24, 2022. [Online]. Available: https://www.autonomosyemprendedor.es/articulo/tus-finanzas/tendria-sentido-exigir-minimo-compra-pago-tarjeta/20200915190158023004.html

[64] Bpwebs, "Google Maps Script."