



UNICO I+D Project  
6G-SORUS-DRONE

---

## SORUS-DRONE-A2.1-E2

# Perfilado de UAV Versión intermedia

---

### Abstract

The SORUS-DRONES project focuses on the challenges posed by the integration of unmanned aerial vehicles (UAVs, UAS, drones) with virtualized radio access networks (vRAN) and reconfigurable intelligent surfaces (RIS) in the deployment and operation of a B5G network.

The process of analyzing different solutions and defining prototypes for validation testing is carried out in the PROFILING phase. This document presents an iteration of the conceptual and functional development of this PROFILING phase, with results of an intermediate stage for the tests aimed at creating the tools required to achieve the goals of the project.

## Propiedades del documento

Número de documento	SORUS-DRONE-A2.1-E2
Título	Perfilado de UAV
Editor	Miguel Rosa (AEROTOOLS)
Responsable del documento	Miguel Rosa (AEROTOOLS)
Equipo de redacción	Jeremy Comellas, Alberto Cristóbal Granda, Pablo Gutierrez Benavides, Jonathan Martínez Díez (AEROTOOLS)
Target dissemination level	
Status of the document	
Version	1.0
Delivery date	29/12/2023
Actual delivery date	29/12/2023

## Revisión

--	--

## Descargo de Responsabilidad

Este documento ha sido generado en el contexto del 6G-SORUS-XXX. La investigación que ha llevado a estos resultados ha recibido financiación del Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital de España y de la Unión Europea-NextGenerationEU a través del programa UNICO 5G I+D.

Toda la información en este documento se proporciona "tal cual" y no se ofrece ninguna garantía de que la información sea adecuada para algún propósito en particular. El usuario utiliza la información bajo su propio riesgo y responsabilidad.

## Contenido

Lista de Gráficos .....	4
Lista de Abreviaturas y Acrónimos .....	5
Resumen Ejecutivo .....	6
1. Introducción .....	7
2. Casos de Uso y Parametrización .....	9
3. Desarrollo intermedio del MPP .....	12
4. Resultados de la segunda iteración del MPP .....	21
4.1. Apartado PLATAFORMA.....	21
4.2. Apartado PROPULSIÓN .....	23
4.3. Apartado ALIMENTACIÓN.....	29
4.4. Apartado ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES.....	31
4.5. Apartado CARGA DE PAGO .....	33
Referencias .....	34

## Lista de Gráficos

Figura 1 Diagrama funcional del MPP .....	8
Figura 2 Tabla resumen Casos de Uso.....	11
Figura 3 Ventana interactiva inicial del MPP .....	12
Figura 4 Diagrama funcional del MPP .....	14
Figura 5 Tabla de análisis comparativo .....	15
Figura 6 Diagrama funcional de la Plataforma de Vuelo.....	16
Figura 7 Diagrama funcional de la Propulsión .....	17
Figura 8 Diagrama funcional de la Alimentación.....	18
Figura 9 Diagrama funcional de Electrónica y Comunicaciones .....	19
Figura 10 Diagrama funcional de Cargas de Pago.....	20
Figura 11 Interfaz del MPP: Búsqueda de candidatos VTOL.....	22
Figura 12 Resultados de búsqueda de un VTOL en el MPP .....	22
Figura 13 Tabla de candidatos de motores .....	23
Figura 14 Tabla de hélices a ensayar.....	24
Figura 15 Resumen de conjuntos a ensayar y variables de estudio.....	24
Figura 16 Gráfico comparativo de conjuntos de propulsión: Eficiencia/Capacidad.....	25
Figura 17 Comparativa de conjuntos de propulsión: Empuje/Potencia .....	26
Figura 18 Comparativa de conjuntos de propulsión: Empuje/Capacidad.....	27
Figura 19 Tabla de resultados por búsqueda motores .....	28
Figura 20 Combinaciones de motores y hélices a ensayar.....	28
Figura 21 Tabla de sistemas cautivos en estudio .....	29
Figura 22 Sistemas cautivos Elistair SAFE T2 Y SAFE T4 .....	29
Figura 23 Base de datos de empresas que ofrecen celdas de hidrógeno .....	30
Figura 24 Celdas de Hidrógeno: IE-SOAR 2.4kW - IE-SOAR 1.2kW - IE-SOAR 800W .....	30
Figura 25 Esquema de comunicaciones 4G (Pixhawk, Raspberry Pi y modem 4G LTE USB).....	31

## Lista de Abreviaturas y Acrónimos

4G-LTE	Fourth Generation - Long-term evolution
4S	4 Cells (Batteries)
5G	Fifth-generation
6G	Sixth Generation of Wireless Communication Technology
6S	6 Cells (Batteries)
B5G	Beyond 5G
BEC	Regulador electrónico de voltaje
BS	Base Station
BVLOS	Beyond Visual Line of Sight
GIS	Geographical Information System
gNB	Next Generation NodeB
IA	Inteligencia Artificial
ID	Identity
IP	Internet Protocol
KPIs	Key Performance Indicators
Li-Ion	Batería de iones de litio
Li-Po	Batería de polímero de litio
LoS	Line of Sight
MPP	Modelo Predicción Prestaciones
MTOW	Maximal Take Off Weight
PWM	Pulse-Width Modulation
RIS	Reconfigurable Intelligent Surface
RP	Raspberry Pi
SD	Secure Digital
UAM	Urban Air Mobility
UAS	Unmanned Aerial System
UAV	Unmanned Aerial Vehicle
UE	User Equipment
UFW	Uncomplicated Firewall
USB	Universal Serial Bus
VPN	Red Privada Virtual
vRAN	Virtualized Radio Access Network
VTOL	Vertical Take-Off and Landing
Wifi	Red inalámbrica de área local

---

## Resumen Ejecutivo

El proyecto SORUS-DRONES se centra en los retos que plantea la integración de vehículos aéreos no tripulados (UAV, UAS, drones) con redes de acceso radioeléctrico virtualizadas (vRAN) y superficies inteligentes reconfigurables (RIS) en el despliegue y funcionamiento de una red B5G.

El diseño y desarrollo de la solución UAV se realizará atendiendo a las necesidades de los casos de uso que permitirán validar los desarrollos alcanzados en los otros subproyectos (vRAN y RIS), así como al estado del arte de la tecnología relacionada con los drones, las comunicaciones y la IA-Edge Computing.

El proceso de análisis de las diferentes soluciones y definición de los prototipos que permitirán realizar las pruebas de validación se desarrollan en la fase de PERFILADO.

El presente documento expone una segunda iteración del desarrollo conceptual y funcional de esta fase de PERFILADO, así como los resultados preliminares de las pruebas intermedias encaminadas a conformar las herramientas requeridas para la consecución de los objetivos del proyecto.

# 1. Introducción

Una vez que se ha establecido un diseño preliminar del UAV, adaptado a diversas aplicaciones predefinidas, el cual ha sido concebido como el PROTOTIPO INICIAL, se hace imprescindible examinar la eficacia y desempeño tanto de los sistemas individuales como del conjunto total. Esta evaluación es crucial para avanzar hacia el PROTOTIPO FINAL. Esta fase, conocida como PERFILADO, implica la recopilación de datos a través de simulaciones y pruebas, con el objetivo de comprender el comportamiento del UAV en distintas condiciones de vuelo, específicas de los escenarios derivados de los Casos de Uso. Esta comprensión permitirá optimizar aspectos fundamentales como la autonomía, el alcance, la capacidad de vuelo estacionario y el consumo de energía, que representan los aspectos más críticos en el diseño de una aeronave no tripulada.

Para poder articular este proceso de PERFILADO, con el estudio y análisis de variables de tan amplio espectro como las que se van a definir, es conveniente disponer de una herramienta que proporcione el soporte conceptual y metodológico adecuado para llevar el proceso a buen término.

En este proyecto, esa herramienta se materializa en el MODELO DE PREDICCIÓN DE PRESTACIONES (MPP), detallado en este documento. El MPP servirá como guía en las diversas etapas de trabajo que se desarrollarán en los próximos meses.

El propósito principal del MPP es satisfacer las demandas de cada uno de los apartados funcionales del UAV, los cuales se detallan más adelante: PLATAFORMA DE VUELO, SISTEMAS DE PROPULSIÓN, SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE ENERGÍA, ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES, y CARGA DE PAGO.

Se busca sistematizar el proceso de mejora y establecer un marco de trabajo para estandarizar sistemas y estrategias de diseño. Además, el MPP ofrece la capacidad de realizar análisis comparativos entre distintas soluciones UAV, ya sean existentes en el mercado o de diseño completamente propio. Este, opera con un flujo de información que abarca todos los apartados con parámetros susceptibles de convertirse en variables matemáticas relevantes en el diseño de un dron.

Se han creado bases de datos para cada subapartado necesario, con componentes tanto de creación propia (como soportes de cámaras, chasis, trenes de aterrizaje, entre otros) como componentes disponibles en el mercado.

De forma genérica, la lógica y esqueleto del MPP siguen siendo los mismos que en el entregable A1.2-E1, aunque se han realizado modificaciones internas en cada categoría, cuyos detalles se exponen más adelante.

El MPP continúa siendo una estructura tridimensional donde se evalúan variables cuantitativas y cualitativas en cada uno de sus ejes. Cada Caso de Uso establece requisitos que determinarán las prestaciones del UAV, los cuales se transforman en variables, denominadas parámetros, que se configuran con los diferentes elementos que componen un dron (ver Figura 2).

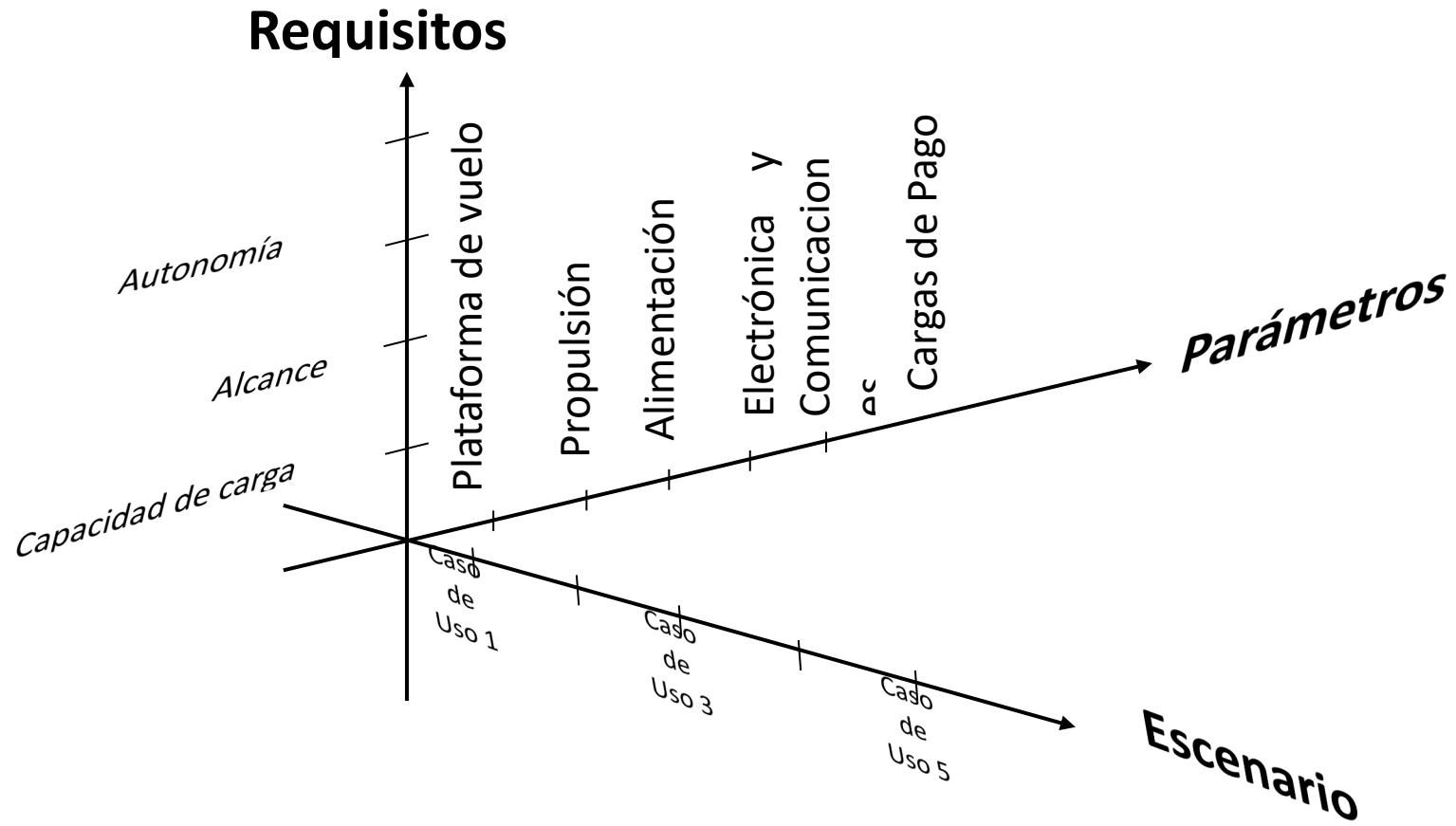


Figura 1 Diagrama funcional del MPP



## 2. Casos de Uso y Parametrización

El análisis exhaustivo de las tecnologías más avanzadas ha conducido a la creación de Casos de Uso, que representan escenarios específicos para resolver desafíos dentro del proyecto. Estos casos sirven como puntos de referencia y establecen parámetros medibles (KPIs) para evaluar su alineación con los objetivos del proyecto.

Debido al entorno innovador del proyecto, los Casos de Uso se revisarán continuamente y estarán sujetos a cambios para incorporar nuevas tecnologías y ajustar aspectos que puedan obstaculizar los objetivos.

Los cinco Casos de Uso delineados son:

1. Extensión dinámica de Cobertura de Red B5G/6G en áreas extensas.
2. Extensión estática de cobertura de red B5G/6G en zonas de emergencia.
3. Soporte de cobertura y orquestación a enjambre de drones colaborativos operando en un mismo escenario.
4. Monitorización y levantamiento de mapas de cobertura para generar cartografía de red B5G/6G para gestión avanzada y respuesta temprana a situaciones que requieran extensión de cobertura.
5. Gestión avanzada de inspecciones de activos con drones para procesamiento de datos acelerado y obtención de resultados casi en tiempo real.

Se considera combinar los Casos de Uso 1 y 2 debido a su similitud en la extensión de cobertura de red, aunque con soluciones UAV diferentes, con el fin de agilizar el proceso de análisis.

Se detallan factores que definen, influyen o limitan los escenarios derivados de los casos de uso en tablas siguientes. La parametrización de estos factores será crucial para el análisis y la comparación de soluciones en la fase de PERFILADO, integrándolos en el proceso de predicción de rendimiento definido en el documento.

Num Caso Uso	Caso de Uso	Escenario:	Requisitos:	Tecnologías aplicables:	Factores relevantes:	Limitaciones:	Solución propuesta
#1	Extensión Dinámica de Cobertura de Red B5G/6G en áreas extensas.	Zona geográfica extensa con cobertura de red limitada por características de la orografía o por la existencia de construcciones en altura, donde se realizan operaciones con drones de forma repetida y frecuente, y se presenta una alta demanda de servicios.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proporcionar cobertura de red en la zona de referencia con dispositivos que tengan movilidad y puedan adaptarse a escenarios complejo</li> <li>- Alcance operativo de cierta entidad.</li> <li>- Autonomía de vuelo extendida sobre parámetros habituales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Drones con capacidad de carga, autonomía y alcance extendidos.</li> <li>- Navegación avanzada</li> <li>- Comunicación B5G/6G</li> <li>- Sistemas de propulsión híbrida</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prestaciones del dron para atender requisitos contradictorios entre sí.</li> <li>- Comunicaciones</li> <li>- Flexibilidad y agilidad operativa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Autonomía de vuelo.</li> <li>- Alcance de comunicaciones.</li> <li>- Capacidad de carga.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Multirrotor con alta capacidad de carga.</li> <li>-Sistema de alimentación híbrido que le dote autonomía extendida.</li> <li>-Integración de SORUS BOX como paquete de comunicación y computación avanzada.</li> <li>- Antenas RIS embarcadas e integradas</li> </ul>
#2	Extensión estática de cobertura de red B5G/6G en zonas de emergencia.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Escenario localizado en situación de emergencia, donde la cobertura de red está limitada por averías o se produce saturación por concentración de un alto número de usuarios.</li> <li>-Se demandan servicios de comunicación que garanticen cobertura de red con estabilidad de conexión, ausencia de interferencias o continuidad de servicio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proporcionar cobertura de red en un área específica con alta demanda en periodos concretos y radio de acción reducido.</li> <li>- Agilidad operativa</li> <li>- Operación continua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Drones con alimentación de energía continua y capacidad de carga.</li> <li>- Comunicación B5G/6G</li> <li>- Alimentación por cable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prestaciones del dron en funcionamiento continuo.</li> <li>- Flexibilidad y agilidad operativa para el despliegue.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Alcance comunicaciones.</li> <li>-Agilidad operativa presenta alta demanda de recursos y activos.</li> <li>-Capacidad de carga</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Multirrotor con alta capacidad de carga</li> <li>.- Sistema de alimentación por cable que le dote autonomía para operación continua.</li> <li>- Integración de SORUS BOX como paquete de comunicación y computación avanzada.</li> </ul>
#3	Soporte de cobertura y orquestación a enjambre de drones colaborativos operando en un mismo escenario.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Escenario localizado donde operan un grupo de drones de forma coordinada.</li> <li>-Navegación avanzada de los drones para operar en escenario U-Space complejo --Funciones avanzadas de red, IA y computación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Proporcionar cobertura de red en la zona de referencia con dispositivos que tengan movilidad y puedan adaptarse a escenarios complejos.</li> <li>-Alcance operativo de cierta entidad.</li> <li>-Autonomía de vuelo extendida sobre parámetros habituales.</li> <li>-Se requiere de coordinación centralizada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Drones con capacidad de carga, autonomía y alcance extendidos.</li> <li>-Navegación avanzada.</li> <li>-Comunicación B5G/6G</li> <li>-IA, Edge Computing.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Prestaciones del dron para atender requisitos contradictorios entre sí.</li> <li>-Comunicaciones.</li> <li>-Integración de sistemas complejos y computación distribuida</li> <li>-Flexibilidad y agilidad operativa para el despliegue.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Autonomía de vuelo.</li> <li>-Alcance de comunicaciones</li> <li>-Capacidad de carga.</li> <li>-Despliegue de funcionalidades</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Multirrotor con alta capacidad de carga.</li> <li>- Sistema de alimentación híbrido que le dote autonomía extendida.</li> <li>- Integración de SORUS BOX como paquete de comunicación y computación avanzada y orquestación de drones en operación colaborativa.</li> <li>- Antenas RIS embarcadas e integradas</li> </ul>

Num Caso Uso	Caso de Uso	Escenario:	Requisitos:	Tecnologías aplicables:	Factores relevantes:	Limitaciones:	Solución propuesta
#4	Monitorización y levantamiento de mapas de cobertura para la generación de cartografía de red B5G/6G que permita la gestión avanzada y la respuesta temprana a situaciones que demanden extensión de cobertura.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Escenario localizado en situación de emergencia, donde la cobertura de red está limitada por averías o se produce saturación por concentración de un alto número de usuarios.</li> <li>- Se busca un conocimiento de detallado de la distribución de la cobertura de red para la toma rápida de decisiones en situaciones concretas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proporcionar cobertura de red en un área específica con alta demanda en periodos concretos y radio de acción reducido.</li> <li>- Agilidad operativa.</li> <li>- Funciones avanzadas de red, IA y computación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Drones con capacidad de carga, autonomía y alcance extendidos.</li> <li>- Navegación avanzada.</li> <li>- Comunicación B5G/6G</li> <li>- IA, Edge Computing, GIS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prestaciones del dron para atender requisitos contradictorios entre sí.</li> <li>- Flexibilidad y agilidad operativa para el despliegue.</li> <li>- Procesamiento basado en IA.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Autonomía de vuelo.</li> <li>- Alcance de comunicaciones</li> <li>- Capacidad de carga.</li> <li>- Despliegue de funcionalidades.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Multirrotor con alta capacidad de carga.</li> <li>- Sistema de alimentación híbrido que le dote autonomía extendida.</li> <li>- Integración de SORUS BOX como paquete de comunicación y computación avanzada y orquestación de drones en operación colaborativa.</li> <li>- Antenas RIS embarcadas e integradas</li> </ul>
#5	Gestión avanzada de inspecciones de activos con drones para el procesamiento de datos acelerado y la obtención de resultados casi en tiempo real.	<p>Escenario localizado de activo a inspeccionar con generación de una elevada cantidad de datos complejos (imágenes, localización...).</p> <p>Se busca un procesamiento acelerado de los datos para la obtención de resultados casi en tiempo real.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proporcionar cobertura de red en un área específica con alta demanda de transferencia de datos y radio de acción variable</li> <li>- Alcance operativo de cierta entidad.</li> <li>- Funciones avanzadas de red, IA y computación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Drones con capacidad de carga, autonomía y alcance extendidos.</li> <li>- Navegación avanzada.</li> <li>- Comunicación B5G/6G</li> <li>- IA, Edge Computing, GIS.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prestaciones del dron para atender requisitos contradictorios entre sí.</li> <li>- Flexibilidad y agilidad operativa para el despliegue</li> <li>- Procesamiento basado en IA.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Autonomía de vuelo.</li> <li>- Alcance de comunicaciones</li> <li>- Capacidad de carga.</li> <li>- Despliegue de funcionalidades</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Multirrotor con alta capacidad de carga.</li> <li>- Sistema de alimentación híbrido que le dote autonomía extendida.</li> <li>- Integración de SORUS BOX como paquete de comunicación y computación avanzada</li> <li>- Sensórica con computación IA embarcadas para procesamiento avanzado.</li> </ul>

Figura 2 Tabla resumen Casos de Uso

### 3. Desarrollo intermedio del MPP

Como se ha explicado anteriormente, la naturaleza de las variables que entran en juego a la hora del diseño de la solución UAV presenta dificultades para plasmarlo en un modelo algorítmico de medición de prestaciones y predicciones. Por ello, como se ilustra en el flujo de información o diagrama funcional (Figura 4), el MPP entra en juego una vez se ha realizado la parametrización de la situación a estudiar.

Con el fin de sistematizar procesos, la imagen a continuación presenta la ventana interactiva que se ha diseñado con el objetivo de realizar una primera búsqueda de soluciones con drones que ofrece el mercado para poder analizar si es factible usar un dron ya existente de sistema abierto y adaptarlo a los Casos de Uso realizando las modificaciones necesarias o la situación requiere de una solución de diseño propio por las características que presenta.

REQUISITOS INICIALES			
ALCANCE	<input type="text" value="m"/>	<input type="button" value="CONFIGURAR UN NUEVO DRON"/>	
TIPO DE UAV	<input type="text"/>	<input type="button" value="AÑADIR COMPONENTE"/>	
CARGA DE PAGO	<input type="text" value="g"/>	MARCA	<input type="text"/>
TIEMPO DE VUELO	<input type="text" value="min"/>	MODELO	<input type="text"/>
MTOM	<input type="text" value="g"/>	<input type="button" value="LIMPIAR"/> <input type="button" value="BUSCAR"/>	

Figura 3 Ventana interactiva inicial del MPP

En esta ventana, se pueden observar los diferentes criterios de búsqueda que se utilizan en el primer paso de un análisis comparativo de posibles soluciones. Se ha introducido un sistema de filtrado por variables cuantitativas por ser las que determinan las prestaciones del UAV, pero también, una posible búsqueda más específica de un modelo de dron concreto.

Este sistema de búsqueda está respaldado por una base de datos que se ha ido generando a lo largo del proyecto y que seguirá desarrollándose por la aparición de nuevas tecnologías que ofrece el mercado y presenta el estado del arte de este sector. Esta base de datos se corresponde con el archivo EXCEL, **MPPV1.XLSX**.

En el Diagrama Funcional que se muestra en la página siguiente, se puede observar el Flujo de Información y datos que se va a seguir para la obtención de una valoración de las soluciones en estudio y su adecuación a los objetivos del proyecto\_

- desde la fase inicial de requisitos generados por el escenario en estudio y la aportación de soluciones caracterizadas por diferentes parámetros;
- estos parámetros cuantitativos son con los que se trabajará en el MPP junto con las variables cualitativas que conforman las soluciones en estudio;
- los diferentes módulos del MPP, que se define posteriormente, analizarán cada apartado específico y proporcionarán una estimación de los parámetros introducidos;
- con los resultados se procederá a realizar una evaluación y validación frente al PROTOTIPO INICIAL, que servirá como referencia para categorizar las soluciones en estudio.

En los módulos relativos a cada apartado, se realizan los estudios previos (de mercado, del estado del arte...), pruebas o ensayos específicos y análisis desde el punto de vista funcional o socioeconómico, que proporcionan datos e información, los cuales permiten realizar una predicción del comportamiento o de las prestaciones de la solución analizada en cada caso.

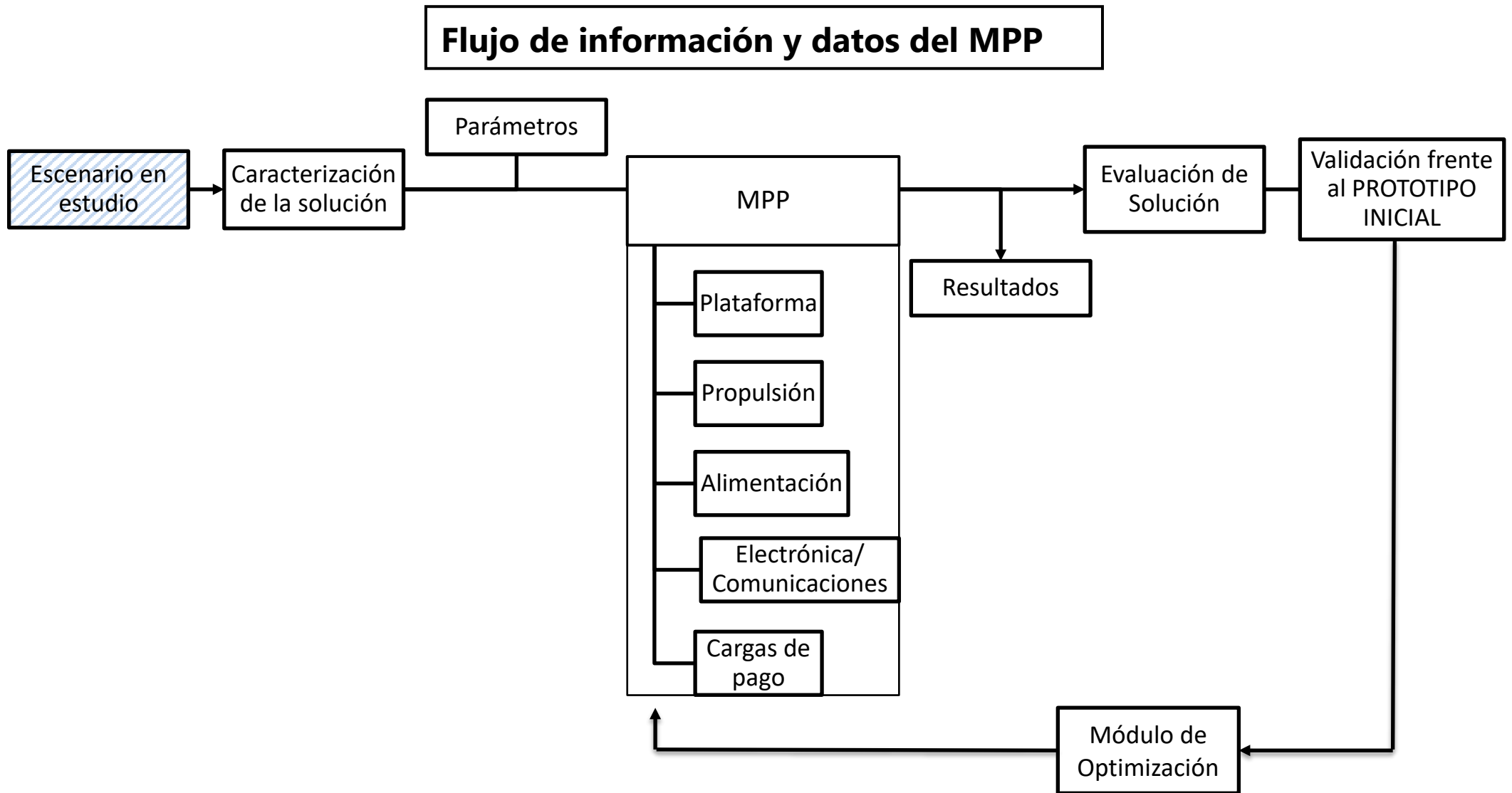


Figura 4 Diagrama funcional del MPP

Una vez se ha realizado la parametrización del escenario en cuestión y se lleva a cabo la filtración de posibles soluciones, para facilitar y dar objetividad a la justificación de la elección de la solución, se realiza un análisis comparativo de prestaciones,, como se dispone en la siguiente figura:

ANÁLISIS COMPARATIVO			
	OPCIÓN A	OPCIÓN B	OPCIÓN C
MARCA			
MODELO			
MTOM			
TIPO DE UAV			
SISTEMA DE ALIMENTACIÓN			
SISTEMA DE PROPULSIÓN			
CAPACIDAD DE CARGA			
TIEMPO DE VUELO			
CARACTERÍSTICAS PROPIAS			

Figura 5 Tabla de análisis comparativo

Esta tabla tiene un funcionamiento semiautomático basado en el filtrado de la ventana inicial: En primer lugar, se buscan los drones que podrían cumplir con la solución, en el caso en el que haya diferentes opciones, y segundo, se seleccionan las tres opciones, (en el caso en que las haya) que mejor se adapten a los requisitos que se buscan. Así, se facilita la tarea comparativa y si no se llega un resultado satisfactorio, se procede con otra de las funcionalidades del MPP, como es la configuración de un nuevo sistema. En esta segunda iteración en el desarrollo del MPP, cada apartado ha sido sometido a una revisión y validación con el objetivo de una evolución continua, cuyos nuevos diagramas funcionales se detallan a continuación.

Para la **PLATAFORMA DE VUELO**:

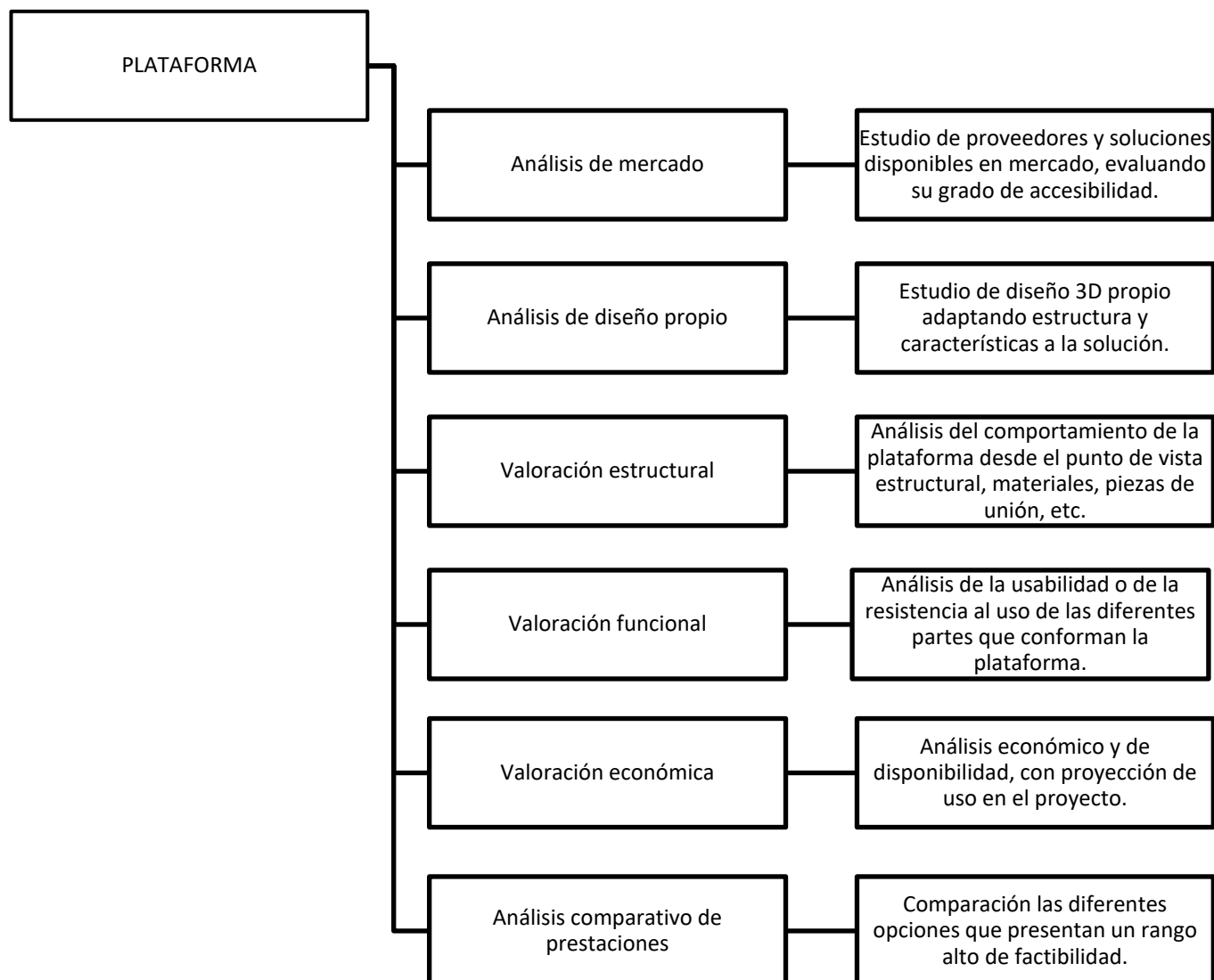


Figura 6 Diagrama funcional de la Plataforma de Vuelo



Para la **PROPULSIÓN**:

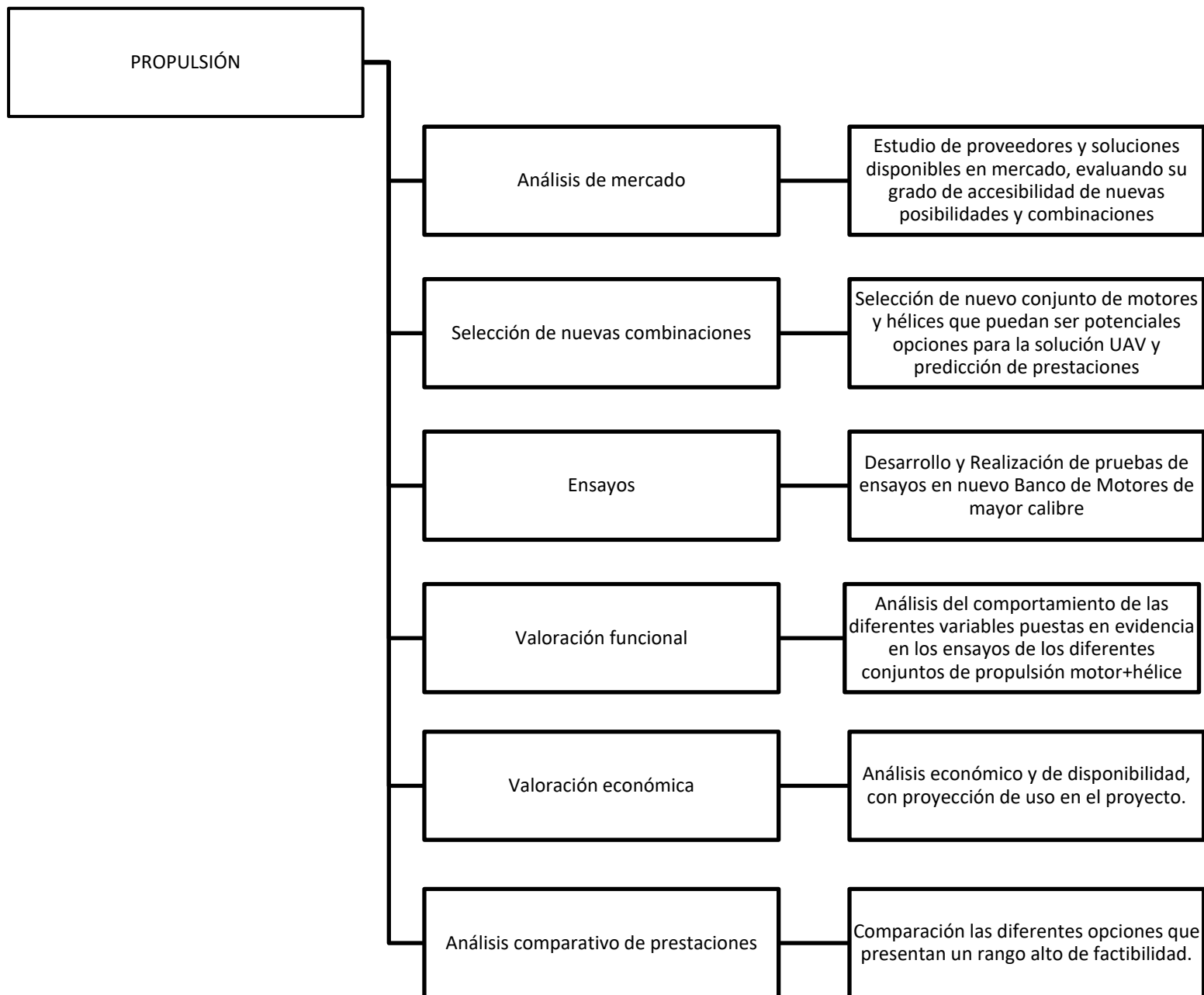


Figura 7 Diagrama funcional de la Propulsión

Para la **ALIMENTACIÓN**:

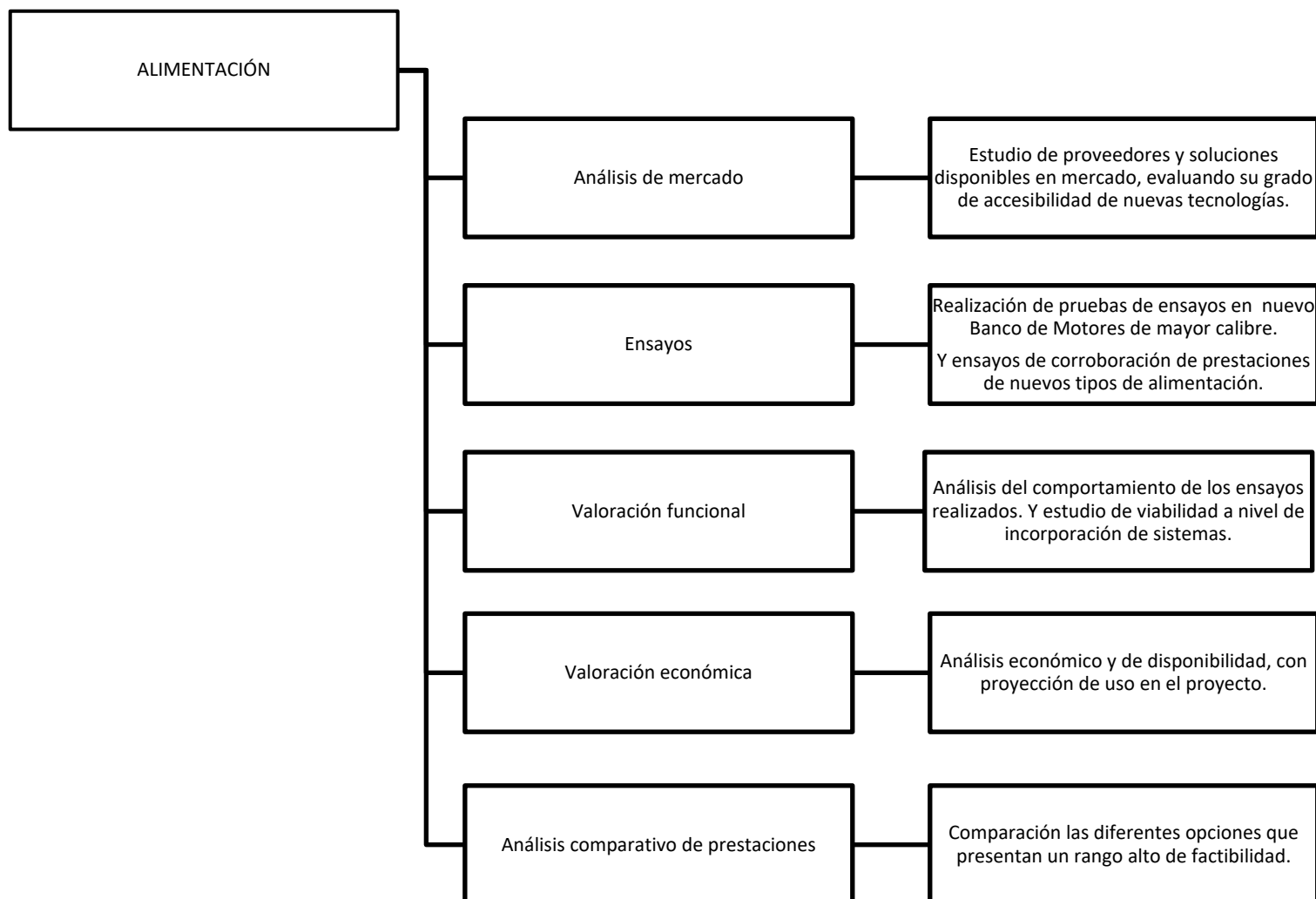


Figura 8 Diagrama funcional de la Alimentación

Para la **ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES**:

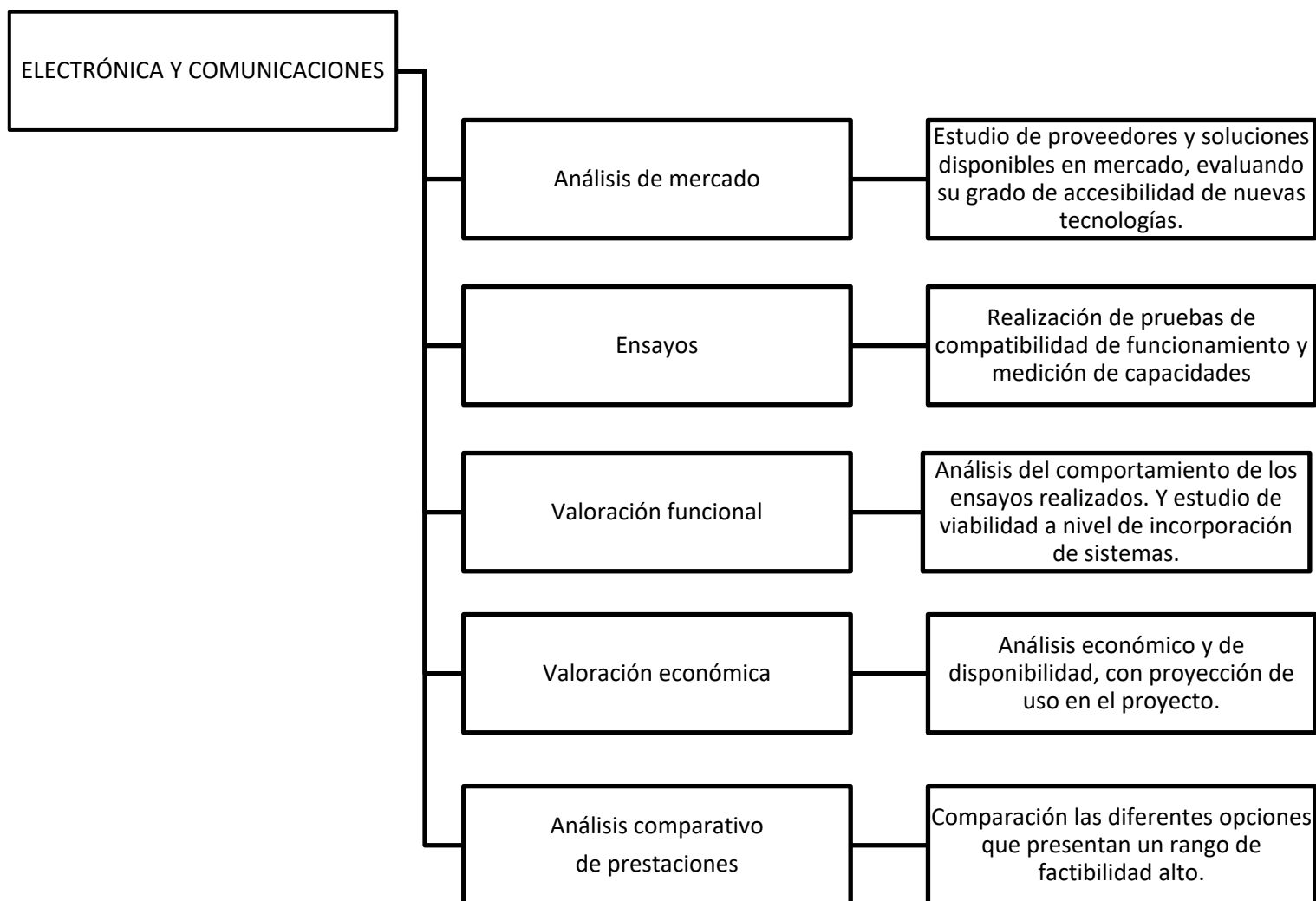


Figura 9 Diagrama funcional de Electrónica y Comunicaciones

Para la **CARGA DE PAGO**:

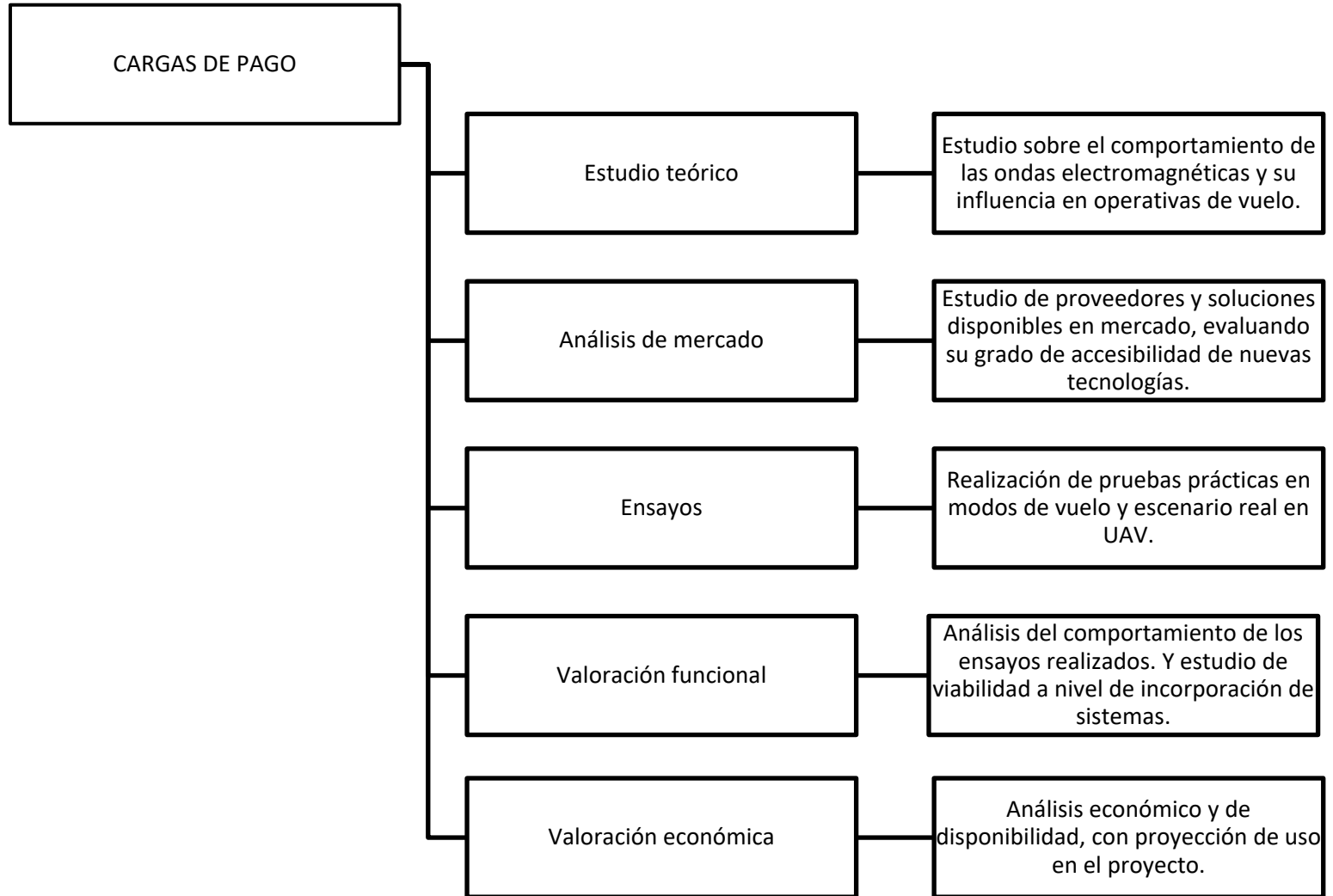


Figura 10 Diagrama funcional de Cargas de Pago

## 4. Resultados de la segunda iteración del MPP

Tras una primera iteración en el flujo de información del MPP, se han llegado a resultados que se detallan en el entregable **A3-2\_E2\_Prototipo Inicial del UAV**. Hasta ahora, se han realizado una serie de ensayos y pruebas que llevan a resultados que serán utilizados para esta siguiente iteración del modelo, con el objetivo de avanzar con el desarrollo del proyecto y poder implementar un prototipo con mejores prestaciones que el inicial.

A continuación, se detallan los ensayos, pruebas y los resultados de estas nuevas aportaciones para cada uno de los diferentes apartados que compone el MPP.

### 4.1. Apartado PLATAFORMA

Con los avances del proyecto y el desarrollo continuo del MPP, se va convergiendo hacia conclusiones que darán como resultado, el prototipo final. En cuanto a los avances en el apartado de la PLATAFORMA de la solución UAV, de las combinaciones que se estaban analizando en un primer momento, que eran:

Para el caso de un MULTIRROTOR:

- 4B/4M: 4 brazos con 4 motores, también conocido como "quadcopter"
- 6B/6M: 6 brazos y 6 motores, también conocido como "hexacopter"
- 8B/8M: 8 brazos y 8 motores, también conocido como "octocopter"
- 4B/8M: 4 brazos y 8 motores en disposición coaxial, también conocido como "octocopter contrarrotante"

Se han descartado tanto la combinación 8B/8M como la 4B/8M por una cuestión de optimización: una disposición planar de los motores presenta una eficiencia de hasta un 25% mayor que la disposición coaxial. Además, la aeronave dispondrá de 4 o 6 brazos y motores en función del MTOW y otras valoraciones internas que se están realizando. Sin olvidar que puedan surgir nuevas opciones en el mercado.

La opción VTOL sigue siendo una posibilidad para dar respuesta a los requisitos que presentan algunos Casos de Uso puesto que este tipo de aeronave se caracteriza por dar la capacidad de recorrer largas distancias y tiempos de vuelo más elevados. No obstante, presentan condicionantes en cuanto a su capacidad de carga.

Gracias al MPP, se puede realizar un primer filtrado para saber que candidatos están siendo estudiados para este tipo de configuración.

Por ejemplo, si los requisitos fuesen: ser un UAV de tipo VTOL, que pueda tener una carga de pago superior a 3Kg y que además su MTOW, sea inferior a 25kg por una cuestión de certificación aeronáutica. Estos datos se introducen en la interfaz interactiva desarrollada tal que:

REQUISITOS INICIALES			
ALCANCE	<input type="text" value=""/>	m	<input type="button" value="CONFIGURAR UN NUEVO DRON"/>
TIPO DE UAV	<input type="text" value="VTOL"/>		
CARGA DE PAGO	<input type="text" value="&gt;3000"/>	g	<input type="button" value="AÑADIR COMPONENTE"/>
TIEMPO DE VUELO	<input type="text" value=""/>	min	MARCA <input type="text" value=""/>
MTOM	<input type="text" value="&lt;25000"/>	g	MODELO <input type="text" value=""/>
<input type="button" value="LIMPIAR"/>		<input type="button" value="BUSCAR"/>	

Figura 11 Interfaz del MPP: Búsqueda de candidatos VTOL

Tras la búsqueda, se obtiene que el único candidato que presenta estas características es:

RESULTADOS DE LA BÚSQUEDA	
Empresa	Equipo
FOXTECH	GREAT SHARK

Figura 12 Resultados de búsqueda de un VTOL en el MPP

El VTOL, GREAT SHARK de la empresa FOXTECH, podría cumplir con los requisitos establecidos para la solución UAV de este ejemplo.

En el caso en el que no haya resultados, se está desarrollando la opción de poder diseñar un dron desde cero gracias al botón "CONFIGURAR NUEVO DRON", donde vienen todos los componentes a elegir de las diferentes partes de una aeronave. Así poder realizar con libertad múltiples combinaciones de hardware y software y ser capaces de comparar de forma objetiva las prestaciones de cada una.

## 4.2. Apartado PROPULSIÓN

Tras los primeros ensayos del sistema de PROPULSIÓN del PROTOTIPO INICIAL, los resultados y mediciones han llevado a la conclusión del diseño de una solución UAV de mayores prestaciones. En consecuencia, se ha hecho un análisis de mercado para evaluar qué conjunto motor-hélice se adaptan mejor a esta nueva situación.

A día de redacción de este documento, se está desarrollando un nuevo Banco de Pruebas que pueda soportar cargas mayores para poder poner a prueba los motores y hélices a ensayar para el PROTOTIPO FINAL, de mayor tamaño que el INICIAL. Y así poder medir con exactitud todas las variables que se ponen en evidencia en este tipo de pruebas, como son, el empuje, los consumos, tanto de tensión, como de corriente, temperaturas de funcionamiento, etc

Esta nueva elección de componentes procede del mismo fabricante que los del prototipo inicial, T-Motor, al tratarse de un proveedor líder en el mercado por ofrecer componentes que se caracterizan por su calidad y durabilidad.

A continuación, se detalla una tabla con las especificaciones de cada uno de los motores que se han seleccionado como posible opción para la solución UAV:

Marca	Modelo	KV	Peso (g)	Idle Current (A)	Peak Current	Max Power (W)	ESC Recommended	T(°C)@100% Trottle
T-Motor	MN601S	320s	246	1,6	50	1200	FLAME 70A 6S	76°C (AT: 34,5°C)
T-Motor	MN605S	320s	350	2,2	55	1400	FLAME 70A 6S	64°C (AT: 34,5°C)
T-Motor	MN701	280	355	2	65	1600	FLAME 70/100A 6S	58°C (AT: 34,5°C)
T-Motor	MN705	260	450	2,8	80	2000	FLAME 100A 6S	58°C (AT: 34,5°C)
T-Motor	MN801	150	480	1,4	60	2800	FLAME 60A 12S/80A 12S V2.0	86,5°C (AT: 0°C)
T-Motor	MN805	170	625	2,5	83	4000	FLAME 100A 14S	87,5°C (AT: 0°C)

Figura 13 Tabla de candidatos de motores

En cuanto a las hélices, se están estudiando diferentes configuraciones para poder analizar cual se corresponde mejor con las prestaciones que se requieren, valorando diferentes diámetros, con hélices de tipo bipala puesto que han sido las que han demostrado mejores resultados en campo. Véase el detalle en la Figura 14.

Marca	Diámetro Pulgadas	Pitch	Código	Cm	Peso (g)
T-Motor	15	5	15x5	38,1	13
T-Motor	16	5,4	16x5,4	40,64	18,5
T-Motor	17	5,8	17x5,8	43,18	16,5
T-Motor	18	6	18x6	45,72	17
T-Motor	20	6,6	20x6,6	50,8	23
T-Motor	20,2	6,6	20,2x6,6	51,308	57
T-Motor	22	6,6	22x6,6	55,88	33
T-Motor	22,2	7,2	22,2x7,2	56,388	69
T-Motor	24	7,2	24x7,2	60,96	37
T-Motor	26	8,5	26x8,5	66,04	48
T-Motor	28	9,2	28x9,2	71,12	59

Figura 14 Tabla de hélices a ensayar.

La siguiente tabla, representa la matriz de datos del conjunto propulsor y las variables que se van a estudiar y comparar para realizar una preselección del apartado PROPULSIÓN con los datos de ensayo que proporciona el fabricante, que han demostrado ser suficientemente semejantes a los valores que se obtienen en laboratorio como para que sirvan de referencia para la predicción de prestaciones del modelo y para las pruebas de los conjuntos que se han mencionado anteriormente.

Marca	Modelo	Sub-Modelo	Hélice
T-MOTOR	MN601S	KV320	P21*6,3
T-MOTOR	MN605S	KV320	P22*6,6
T-MOTOR	MN701	KV280	P24*7,2
T-MOTOR	MN705	KV260	G26*8,5
T-MOTOR	MN801	KV150	G26*8,5
T-MOTOR	MN805	KV170	G26*8,5

Capacidad del Motor (40% → 100%)
Tensión (V)
Empuje (g)
Torque (N*m)
Corriente (A)
RPM
Potencia (W)
Eficiencia (g/W)
Temperatura de Operación (°C)

Figura 15 Resumen de conjuntos a ensayar y variables de estudio.

A la hora de comparar diferentes sistemas de propulsión, es importante estudiar la relación que tienen ciertas variables entre sí para observar cómo se comporta el conjunto en funcionamiento en diferentes regímenes de trabajo (las diferentes posiciones del acelerador que controla la potencia del motor).

Para conseguir optimizar el rendimiento general del sistema, es imprescindible comparar cómo evoluciona la eficiencia en función de la capacidad del motor. En efecto, se busca que este trabaje constantemente en el régimen nominal para el que ha sido diseñado. En caso contrario, se estaría trabajando en rangos de carga que comprometen su vida útil, un consumo innecesario de energía y la seguridad de la operación.

La siguiente gráfica muestra la evolución, donde se puede observar que, para todos los conjuntos, la eficiencia disminuye al aumentar la capacidad del motor, es decir, tienen una relación inversamente proporcional. Cabe destacar, que esta comparación no es conclusiva puesto que no se ponen en valor el resto de los parámetros como el peso en sí del motor, ni los consumos, que, podrían comprometer



la capacidad de carga de la aeronave. No obstante, esto permite acotar los intervalos de eficiencia en los que trabajan los motores seleccionados, que, en estos casos, se sitúan alrededor del  $9 \pm 0.5$ , valores aceptables como para descartar alguno.

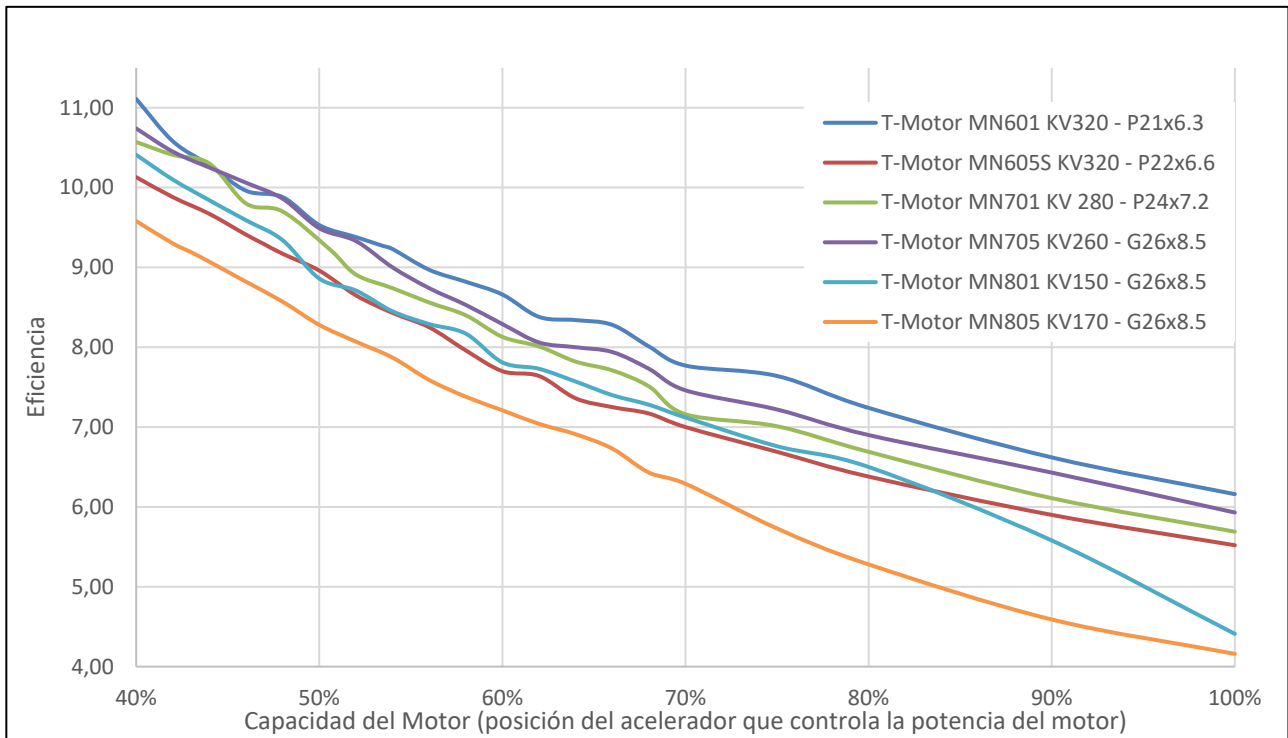


Figura 16 Gráfico comparativo de conjuntos de propulsión: Eficiencia/Capacidad

Otra consideración a tener en cuenta a la hora de comparar prestaciones de un conjunto propulsor es la capacidad de empuje que tiene este frente a la demanda energética. Se busca el motor que pueda ofrecer mayor empuje a menor potencia, esto se refiere a un conjunto más eficiente.

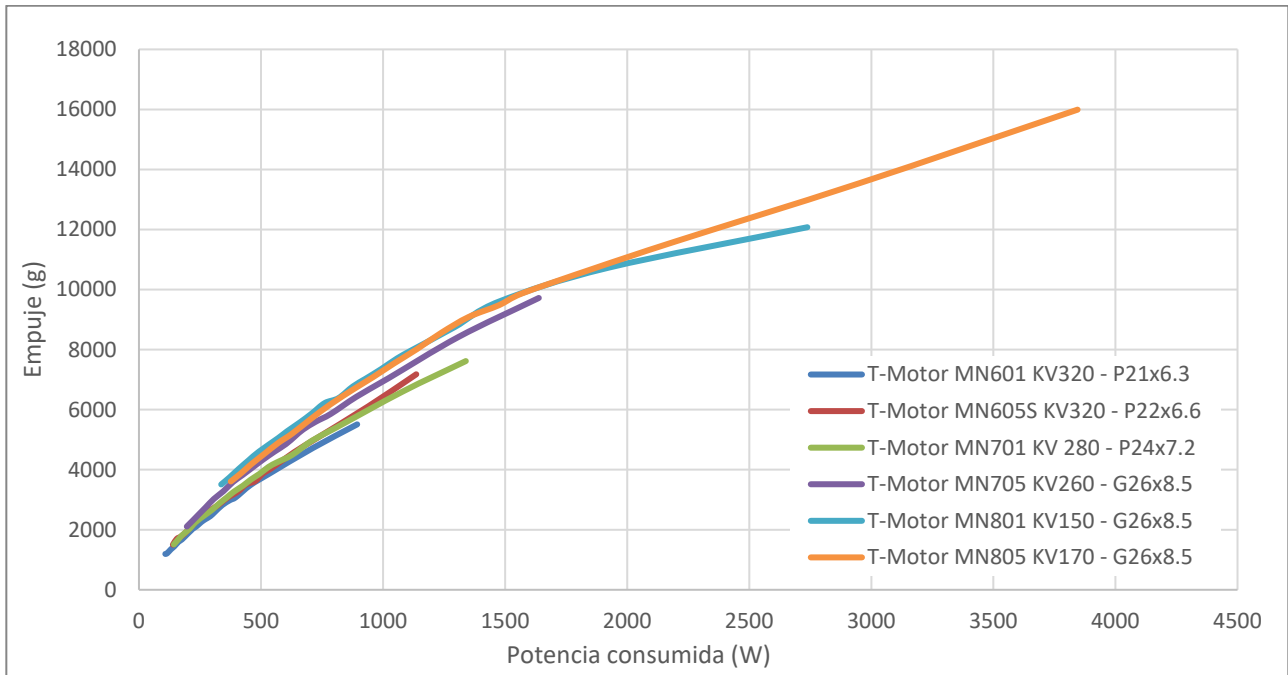


Figura 17 Comparativa de conjuntos de propulsión: Empuje/Potencia

Por ejemplo, en este gráfico (Figura 17), que representa la evolución del empuje en función de la potencia demandada, se puede observar cómo a 1500 W, el motor MN705 genera un empuje de 9000g y tanto el MN801, como el MN805, producen uno de 9500g. Es decir, para un mismo consumo, diferentes empujes. Esto se debe a que, para llegar a esos valores, cada motor trabaja a una capacidad diferente: el motor MN805, empuja 9500g cuando está al 67% de su capacidad mientras que el MN801, al 80% el MN705 al 97%. (Figura 18)

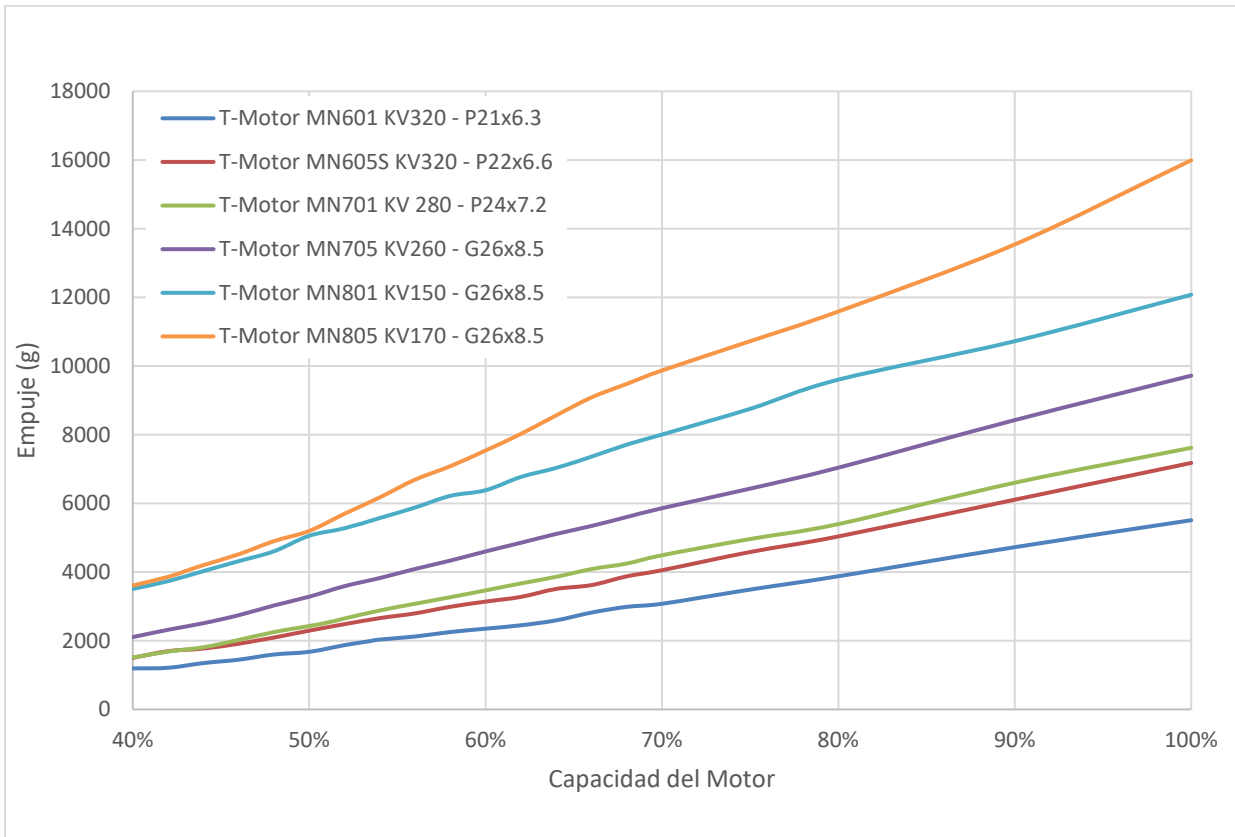


Figura 18 Comparativa de conjuntos de propulsión: Empuje/Capacidad

Para poder sistematizar este proceso y optimizar esta selección, a través de una de las funciones que tiene el MPP, se puede realizar una búsqueda dentro de la base de datos generada según diferentes criterios para la selección de un conjunto de propulsión. Por ejemplo, si se busca que para una capacidad del motor de entre un 40% y 50%, se genere el empuje necesario con además una buena eficiencia. Si se establece un MTOW de 15kg, cada motor deberá tener un empuje de 3,75 Kg si hay 4 motores o 2,5 Kg (aproximadamente) si hay 6, etc.

Los resultados de este ejemplo de búsqueda en el MPP son tal que:

Marca	Modelo	Sub Modelo	Helices	Capacidad	Tensión(V)	Empuje(g)	Torque(N*m)	Corriente(A)	RPM	Potencia(W)	Eficiencia(g/W)
				<50%		>2000					>9

BUSCAR

Marca	Modelo	Sub Modelo	Helices	Capacidad	Tensión(V)	Empuje(g)	Torque(N*m)	Corriente(A)	RPM	Potencia(W)	Eficiencia(g/W)
T-MOTOR	MN605S	KV320	P22*6.6	47%	23,76	2002,50	0,46	9,50	3254,00	202,50	9,29
T-MOTOR	MN605S	KV320	P22*6.6	48%	23,75	2092	0,47	10,00	3311	213	9,17
T-MOTOR	MN701	KV280	P24*7,2	46%	23,72	2022	0,65	8,70	2592	206	9,80
T-MOTOR	MN701	KV280	P24*7,2	48%	23,68	2252	0,71	9,80	2754	232	9,70
T-MOTOR	MN705	KV260	G26*8,5	40%	23,64	2107	0,71	8,30	2107	196	10,74
T-MOTOR	MN705	KV260	G26*8,5	42%	23,60	2319	0,76	9,40	2199	222	10,45
T-MOTOR	MN705	KV260	G26*8,5	44%	23,55	2511	0,84	10,40	2292	245	10,25
T-MOTOR	MN705	KV260	G26*8,5	46%	23,50	2743	0,91	11,60	2380	273	10,06
T-MOTOR	MN705	KV260	G26*8,5	48%	23,44	3027	0,98	13,10	2500	307	9,86
T-MOTOR	MN801	KV150	G26*8,5	40%	47,91	3509	0,83	7,03	2616	337	10,41
T-MOTOR	MN801	KV150	G26*8,5	42%	47,91	3735	0,90	7,72	2702	370	10,10
T-MOTOR	MN801	KV150	G26*8,5	44%	47,91	4028	0,98	8,54	2826	409	9,84
T-MOTOR	MN801	KV150	G26*8,5	46%	47,91	4317	1,05	9,39	2928	450	9,59
T-MOTOR	MN801	KV150	G26*8,5	48%	47,90	4604	1,13	10,28	3070	492	9,34
T-MOTOR	MN805	KV170	G26*8,5	40%	48,04	3608	0,95	7,83	2669	376	9,58
T-MOTOR	MN805	KV170	G26*8,5	42%	48,04	3860	1,02	8,63	2764	415	9,30
T-MOTOR	MN805	KV170	G26*8,5	43%	48,05	4031	1,07	9,14	2818	439	9,19
T-MOTOR	MN805	KV170	G26*8,5	44%	48,05	4202	1,11	9,64	2871	463	9,07

Figura 19 Tabla de resultados por búsqueda motores

Se puede observar como el modelo ofrece como resultado los diferentes valores obtenidos durante los ensayos, que, junto con un análisis cualitativo, son la referencia para saber si es conveniente ensayar estos motores con diferentes hélices y poder realizar las configuraciones necesarias con el objetivo de encontrar la combinación óptima. En el siguiente esquema se ven representadas las diferentes combinaciones posibles (Figura 20):

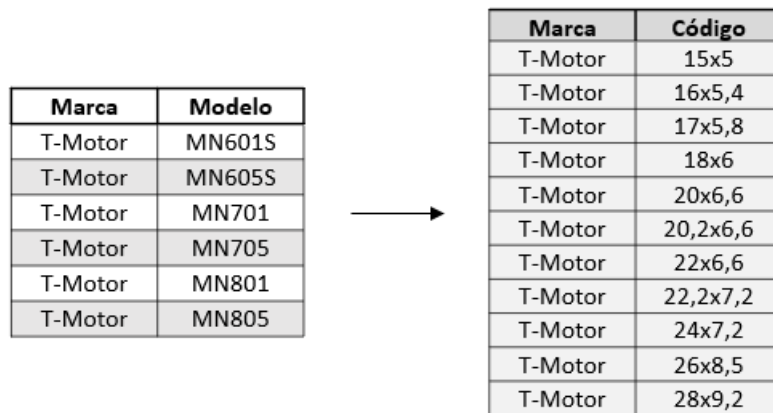


Figura 20 Combinaciones de motores y hélices a ensayar.

En los siguientes entregables se detallarán los resultados de estos ensayos que, en el momento de redacción de este documento, siguen en periodo de pruebas.

### 4.3. Apartado ALIMENTACIÓN

Para el diseño del sistema de alimentación del prototipo inicial, en un primer momento, se evaluaron diferentes tecnologías como las baterías de Polímero de Litio (Li-Po) y de Litio-Ion (Li-Ion) por tener un funcionamiento más consistente (datos de ensayo accesibles en el siguiente documento: **6G\_SORUS\_DRONES\_A1-2\_E1\_Perfilado\_Resultados\_ITER1\_ALIMENTACION. XLSX**). No obstante, con las nuevas problemáticas que impone el proyecto, se está estudiando la viabilidad de incorporar otros sistemas de alimentación más innovadores, que pretenden mejorar las prestaciones de la solución UAV.

En efecto, en operaciones aeronáuticas con drones, cuando estas exigen un tiempo de vuelo alto, pero se puede prescindir del alcance que pueda llegar a tener la aeronave, una opción muy acertada es la de optar por un sistema cautivo. Este consiste en dotar a la aeronave de un cable de alimentación que a su vez está conectada a un centro de mando de donde se proporciona la energía. Este tipo de tecnología permite aumentar la carga de pago del sistema puesto que se reduce el peso en baterías ya que la fuente se encuentra en tierra y se dota únicamente al UAV de una batería de emergencia en caso de fallo del sistema cautivo para poder realizar un aterrizaje de emergencia y no poner en riesgo la seguridad de la operación. Como condicionante, se limita el alcance del dron a la longitud que tenga el cable de alimentación.

Aquí algunas de las opciones que se están estudiando:

Empresa	Modelo	Tipo	Potencia Total(Wh)	Tether Length (m)	Tether Cable Weight (g/m)	Output Voltage	Power Source Requirement	Total Weight (kg)	Dimensions
Elistair	SAFE-T2	Tethered	2200	100	16/ 20,5/ 26	6S/12S	230 VAC, 50 - 60 Hz, 4kW min 120 VAC, 50-60 Hz, 3 kW min	22	414 x 670 x 260 mm
Elistair	SAFE-T4	Tethered	1500	70	16	6S/12S	230 VAC, 50-60 Hz, 4 kW min for power source, output limits below 120 VAC, 50-60 Hz, 3 kW min for power source, 1,2 kW output limit	20	627 x 475 x 292 mm
FOXTECH	T4000	Tethered	3500	100	28	12S	220VAC	20	430 x 290 x 330 mm
FOXTECH	T3600	Tethered	3600	100	22	12S	220VAC	21	400 x 300 x 300 mm
FOXTECH	T3500-S	Tethered	Rated: 3300 Max: 3500	110	-	12S	220VAC	28	640 x 480 x 650 mm

Figura 21 Tabla de sistemas cautivos en estudio



Figura 22 Sistemas cautivos Elistair SAFE T2 Y SAFE T4

Como se puede observar, este tipo de sistemas cuenta con potencias de mayores ordenes de magnitud, lo que permite operaciones con tiempos de vuelos de varias horas (situación que demandan algunos Casos de Uso). No obstante, también implica la aparición de nuevas variables a tener en cuenta como, por ejemplo, el tiempo de uso recomendado del generador o las medidas de seguridad que impone el uso del cable en sí y de las corrientes y tensiones con las que trabaja.

Otra tecnología que se está valorando son las celdas de hidrógeno, en efecto, esta tecnología de última generación está revolucionando el sector por las prestaciones que está demostrando tener. Cuenta con el inconveniente de generar una gran carga por ser un sistema que requiere diferentes componentes, como las bombonas, las celdas o los reguladores, lo que reduce la capacidad de carga del dron. No obstante, ofrece tiempos de vuelo prometedores y sin restricción de alcance.

La base de datos generada dentro del MPP con las diferentes opciones que ofrece el mercado en este momento son:

Empresa	Modelo	Tipo	Output Continous Power (W)	Output Voltage	Fuel Cell Power Module (FCPM)		Hydrogen Regulator		Default Hybrid batteries				
					Dimensions	FCPM Mass (g)	HR Mass (g)	Cylinder Mass (kg)	Configuration	Dimensions (per battery)	Mass (per battery) [g]	Capacity (per battery) [mAh]	Peak power (W)
Intelligent Technology	IE-SOAR-2.4kW	Hydrogen Fuel Cells	1200 Peak: 8000	44 - 50,4	128 x 442 x 233mm	4800	315	10	2 x 6S	135 x 40 x 40mm	535	3330	4800
Intelligent Technology	IE-SOAR-1.2kW	Hydrogen Fuel Cells	2400 Peak: 8001	50 - 70	128 x 246 x 233mm	2700	315	10	3 x 6S	136 x 40 x 40mm	535	3330	4800
Intelligent Technology	IE-SOAR-800W	Hydrogen Fuel Cells	2400W at 24V 4800W at 48V	19,6 - 25,2	210 x 105 x 105mm	1450	315	10					

Figura 23 Base de datos de empresas que ofrecen celdas de hidrógeno

Se está estudiando la posibilidad de implementar este tipo de tecnología para las siguientes fases del proyecto. Se debe de analizar muy bien puesto que, al ser tan innovador, se deben también diseñar las piezas de ensamblaje y otros componentes de compatibilidad. Además de realizar numerosos ensayos de cumplimentación de prestaciones.



Figura 24 Celdas de Hidrógeno: IE-SOAR 2.4kW - IE-SOAR 1.2kW - IE-SOAR 800W

## 4.4. Apartado ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES

En cuanto las implementaciones en el apartado de ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES, tras realizar un estudio del comportamiento de las ondas electromagnéticas en la operativa con UAVs, es importante destacar la gran relación que existe entre ambas.

Ya se comentó la importancia de este apartado en el proyecto SORUS, la coordinación, la gestión de datos y la orquestación con la electrónica de vuelo es un pilar fundamental para el correcto desarrollo de la solución UAV. También, la pruebas que se están llevando a cabo que implican la implementación de conectividad del dron con redes 4G gracias a diferentes componentes electrónicos que se detallan en el siguiente esquema:

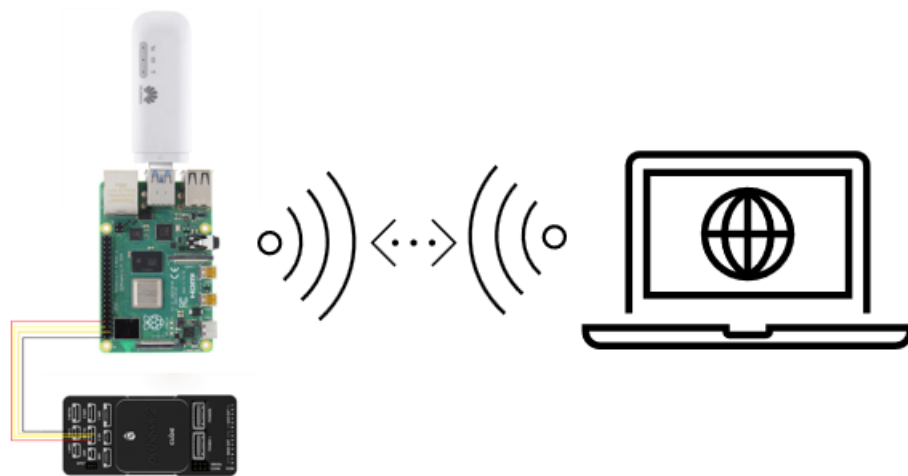


Figura 25 Esquema de comunicaciones 4G (Pixhawk, Raspberry Pi y modem 4G LTE USB)

Se trata de un conjunto cuyo Software-Hardware está compuesto por un ordenador conectado a internet, un elemento de computación (Raspberri Pi 4) y el modem, cuya función es la de generar una señal de comunicación desde el aire y el software UAVCast de la empresa UAV Matriz como habilitador de comunicaciones.

Con los avances del proyecto han surgido nuevas variantes que podrían ser posibles soluciones para establecer la comunicación entre el dron y el Equipo de tierra que se desea.

En efecto, una de estas opciones es el desarrollo de un software de comunicación a través del programa Mission Planner vía Internet con dongles o routers 4G-5G. Esto consistiría en diseñar una serie de Scripts que ejecutados en una placa de procesamiento Raspberry Pi permitirán realizar las comunicaciones bidireccionales entre otra Raspberry Pi conectado a Internet y un dron. La dificultad surge en la generación de una VPN que pueda garantizar las direcciones de internet de los diferentes dispositivos que se quiere conectar, es decir, el ordenador (donde está el programa) y la Raspberri Pi.

Así mismo, se está actualmente trabajando en el desarrollo del SORUS BOX, un dispositivo que incluye la creación de una caja de comunicaciones destinada a la conexión entre varios modelos de drones y mandos de radio control.

Este dispositivo pretende establecer una conectividad directa mediante dongles o routers 4G-5G, con una serie de funciones clave. En primer lugar, se destaca la capacidad de comunicación de command and control a través de la señal SBUS, lo que permite adaptar el Sorus Box a una amplia gama de emisoras de radio control. Además, ofrece telemetría independiente y dos señales de video: una para el control a través de FPV y otra para transmitir la señal de una cámara de monitorización.

El dispositivo será capaz de leer los datos SBUS provenientes de una emisora de radio control estándar, codificar estos datos para su transporte a través de Internet, decodificarlos en otra unidad procesadora y enviarlos nuevamente como SBUS al dron. También permitirá la conexión bidireccional a los datos de telemetría a través de un puerto serie.

Además, se contempla la posibilidad de conectar una pantalla al puerto HDMI para visualizar las imágenes generadas por el dron. Este sistema está diseñado para generar un comando de fail-safe en caso de pérdida de conectividad y podría enviar datos de cobertura para actuar sobre el dron en consecuencia.



## 4.5. Apartado CARGA DE PAGO

Las consideraciones en torno al apartado de CARGA DE PAGO y su influencia o afectación en la fase de diseño y perfilado del dron que se busca como objetivo, son muy amplias y difíciles de parametrizar por su heterogeneidad y casuística específica relacionada con el Caso de Uso. Es por ello que no se pretende incluir este apartado en el MPP de la misma forma que se han definido los otros apartados, sino que se está realizando un estudio y análisis en paralelo de las posibles opciones o soluciones que se presentan en cada caso.

Aunque sí se ha trabajado en aspectos que ayuden a una integración efectiva y que permiten un análisis de prestaciones en el proceso de perfilado, mediante la estandarización de los parámetros que, según la experiencia de AEROTOOLS, más influyen en ese proceso de diseño de una nueva aeronave.

Los siguientes aspectos son tenidos en cuenta:

- **Peso de la carga de Pago**, como parte del MTOW que debe levantar el dron, y que debe alcanzar un punto de equilibrio con el resto de los sistemas y elementos que aportan peso al conjunto. Este punto de reparto balanceado de pesos está intrínsecamente ligado al proceso que se ha explicado en el apartado de PROPULSIÓN.
- **Sistemas de anclaje a la estructura o PLATAFORMA** del dron, tanto para anclaje mecánico como para conexiones eléctricas y electrónicas que permitan el correcto funcionamiento de los dispositivos de la CARGA DE PAGO. Estos sistemas se han estandarizado em base a la experiencia previa en otros proyectos para facilitar el intercambio, sustitución, integración para pruebas, etc.
- **Sistemas de control de los dispositivos que conforman la CARGA DE PAGO**, los cuales se consideran en el conjunto de la SORUS BOX que se ha definido como dispositivo clave para los apartados de ELECTRONICA Y COMUNICACIONES.

Teniendo en cuenta estos factores, resulta imprescindible conocer en detalle cuales son las características de los dispositivos más especializados para los casos de uso, como pueden ser los relacionados con la medición de frecuencias o la caracterización de mapas de radiación de antenas, ya que los dispositivos más comunes como cámaras u otro tipo de sensores, son conocidos en profundidad por AEROTOOLS.

Para profundizar en este conocimiento del comportamiento electromagnético de antenas de redes (4G, 5G...), interferencias, formas de caracterización, se está analizando el estado del arte en este campo (con White Papers, trabajos de investigación, etc.) y se está entrando en contacto con proveedores que disponen de dispositivos para estas funciones. En las próximas semanas se concretarán reuniones específicas del proyecto SORUS dedicadas a este apartado, y se dispondrá de información más detallada del alcance de posibles soluciones para los casos de uso del proyecto.

Es el caso, por ejemplo, de la empresa SixArms (AUS), que innova con tecnologías de vanguardia aportando soluciones embarcables en drones, para realizar mediciones eficientes, precisas y rentables de radiofrecuencias en entornos de radiodifusión y telecomunicaciones. Con esta empresa se está a la espera de recibir propuesta concreta de dispositivo de medición integrable en el PROTOTIPO FINAL.

---

## Referencias

- [1] M. A. S. ,. N. A. A. I. B. A. ,. b. A. a. S. K. M. Adnan Shahid Khan, «A Survey on 6G Enabled Light Weight Authentication Protocol for UAVs, Security, Open Research Issues and Future Directions».
- [2] M. Keller y K.-H. Weidner, «El análisis de espectro en tiempo real».
- [3] Z. F. Y. Z. Bin Li, «UAV Communications for 5G and Beyond:», 2019.
- [4] G. G. R. N. D. L.-P. Mohamed Benzaghta, «UAV Communications in Integrated Terrestrial and», 2022.
- [5] V. L. E. N. Debashisha Mishra. Anna Maria Vegni, «Drone Networking in 6G Era», 2020.
- [6] 5G HEART, «5G Health, Aquaculture and Transport Validation Trials», 2023.
- [7] 5G PPP, «UPDATE ON 5G TRIALS AND PILOTS FOR CONNECTED», 2023.
- [8] X. L. M. G. G. M. U. R. A. M. B. ÖMER BULAKÇI, Towards Sustainable and Thrustworthy 6G, 2023.
- [9] Aerotoools UAV, «Estado del Arte de los Elementos de Vuelo», 2022.
- [10] «Inteligencia Artificial», 2023. [En línea]. Available: <https://inteligenciaartificial.io/machine-learning/>.
- [11] L. V. Blanco, «TFG: Efectos de las interferencias electromagnéticas en la operativa de drones», 2017.
- [12] Jason Schreiber, SIXARMS, White paper, 2023 " Drone-based Techniques to Rapidly Characterize Broadcast Antenna Systems and Coverage .