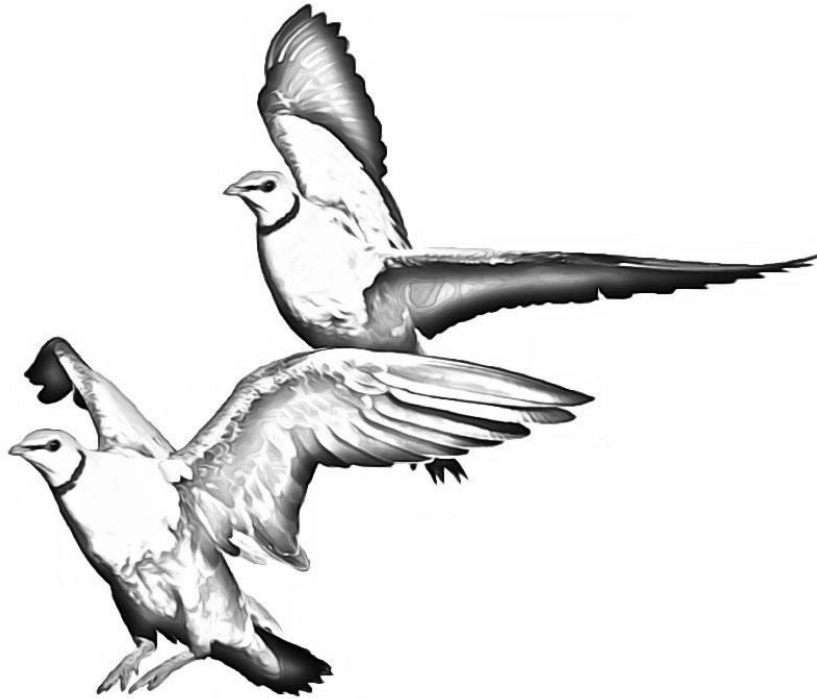




UNIVERSITAT DE
BARCELONA

TFM

Màster de Creació i Gestió d'Empreses Innovadores i de Base Tecnològica



SANDGROUSE

Alumno: Miguel Moro Marcos

Tutor: Pere Condom Vilà

Fecha: 01-09-2022

Agradecimientos:

Agradezco en la redacción y hechura de todo este trabajo a los establecimientos 3D Informatik y FEROCA y a mi amigo Rodrigo Marcos del Bosque, por ayudarme y aconsejarme con la impresión de las piezas del prototipo, y a mi amiga Xin Guo por ayudarme con los datos relacionados con China. También a mi tutor Pere Condom, por aceptar la tutoría y confiar en este trabajo desde un primer momento, pese a su naturaleza incierta y arriesgada. Por último, a todos los críticos e implacables revisores de la idea, cuyos agudos comentarios me han hecho ver, pensar, y corregir los posibles fallos que por mí mismo nunca hubiera visto.

Resumen

Este trabajo explora una idea innovadora para la lucha contra los incendios forestales. Utilizando la descarga de agua encapsulada desde aeronaves en lugar de su lanzamiento directo, se pretenden solucionar al mismo tiempo varios problemas de las soluciones actuales. Para demostrar la validez técnica de la idea se expone un detallado estudio del diseño junto con una prueba experimental de un prototipo. Como parte del desarrollo empresarial de la idea se incluye un estudio del mercado y del sector, al igual que de la demanda actual de soluciones y las tendencias de los incendios debidas al cambio climático. El proyecto, denominado *Sandgrouse*, se formula finalmente como un estudio teórico y práctico del desarrollo completo paso por paso de una empresa. La conclusión a la que el trabajo se aproxima, y a la que apunta decididamente, es que la solución presentada es comparativamente superior a las actuales tanto en el terreno técnico como en el terreno económico.

Palabras clave:

incendios forestales, megaincendio, descarga de agua, cápsulas, aeronaves, hidroaviones, cambio climático, innovación tecnológica

Abstract

This work explores an innovative idea for wildfire firefighting. Using the discharge of encapsulated water from an aircraft instead of its direct discharge, it is intended to solve several problems of the current solutions simultaneously. To demonstrate the technical validity of the idea, a detailed study of the design is presented, together with an experimental test of a prototype. As part of the business development of the idea, a market study and a sector investigation are included, as well as the demand for solutions and current trends in fires due to climate change. The project, called *Sandgrouse*, is finally formulated within a theoretical and practical study of the complete step-by-step development of a company. The conclusion to which the work approaches, and to which it firmly points, is that its solution is comparatively superior to the current ones both in the technical and the economic fields.

Keywords:

wildfire, megafire, water discharge, capsules, aircraft, waterplanes, climate change, technological innovation

Índice

I. INTRODUCCIÓN	1
II. ASPECTOS TÉCNICOS.....	5
2.1. REQUERIMIENTOS DE FUNCIONAMIENTO	5
2.2. DISEÑO	6
2.3. LOGÍSTICA DE LA SOLUCIÓN	18
2.4. OBSERVACIONES AL DISEÑO	19
III. ESTADO DEL SECTOR	22
3.1. DEMANDA DE SOLUCIONES	22
3.2. SOLUCIONES INNOVADORAS Y VANGUARDISTAS	27
3.3. EL SECTOR EN ESPAÑA	28
IV. VISIÓN TEÓRICA	33
4.1. SUSTITUCIÓN TECNOLÓGICA.....	33
4.2. PATENTADO.....	36
V. VISIÓN PRÁCTICA	38
5.1. OFERTA Y CÁLCULO DE DEMANDA	38
5.2. ESTRATEGIA DE DESARROLLO	38
VI. CONCLUSIONES.....	45
<i>Bibliografía</i>	46
<i>Anexos</i>	51

I. INTRODUCCIÓN

“Al quemarse el bosque se quemaría algo profundamente nuestro: se quemaría la vida, que al fin y al cabo es el origen, fin, y medio de todos nosotros” [1]

– Félix Rodríguez de la Fuente

El problema que se va a tratar en este trabajo es el del daño provocado por el fuego, especialmente el que se da en el medio natural –en los bosques, los campos, y los cultivos de la geografía terrestre. Mucho antes de la aparición del ser humano, los incendios forestales habrían sido provocados por causas naturales, como son los rayos o los volcanes, y se habrían extendido sin control más allá del que las propias circunstancias naturales podrían propiciar, diezmando millones de hectáreas de ecosistema natural. A este fenómeno natural, que lleva dándose millones de años, se le ha sumado el gran peso de la actividad humana. Gracias a nuestra tecnología hemos sido capaces de desarrollar técnicas para una lucha efectiva contra este problema, pero nuestra presencia ha causado al mismo tiempo una multiplicación significativa de las fuentes que originan a los incendios. De forma directa o indirecta, los incendios forestales¹ son provocados por causas humanas hasta el 95% de las veces en muchas regiones de la Tierra [2].

Los problemas relativos a los incendios forestales se encuentran últimamente en un ascenso constante. La cantidad de área quemada en incendios forestales se ha casi triplicado desde 1990 en Estados Unidos [3], y en España hay 4 veces más incendios por año que en 1970 [4], siendo 10.000 incendios al año una cifra cercana a la media actual de los últimos años en este país. Los efectos extremos del cambio climático y el aumento de la actividad industrial en todo el mundo están causando una subida sin precedentes en la gravedad e incidencia de los incendios forestales. Esto nos ha dejado en la última década los peores episodios de destrucción debida al fuego de los últimos tiempos. En 2019, casi un millón de hectáreas de selva amazónica fueron quemadas en un incendio histórico en Brasil [5]. A comienzos del año siguiente, en 2020, terminaba uno de los peores incendios jamás registrados: el “verano negro” de Australia, donde se quemaron 240.000 kilómetros cuadrados en el este del país [6]. Más recientemente, en el verano de 2021, aconteció el cuarto mayor incendio de la historia de España, donde en la provincia de Ávila se quemaron 22.000 hectáreas de bosque, cultivos, y pasto [7]. Estos tres episodios suman en total un área quemada algo mayor a todos los territorios del Reino Unido, quemados en menos de 3 años. Los incendios en España de 2022 superan a los de 2021, y

¹ El tipo de incendio que se tiene en cuenta en este trabajo es el incendio no deseado. Continuamente se provocan incendios deseados, legales, controlados, principalmente con el objeto de optimizar el ejercicio de la agricultura.

todavía se calculan las hectáreas que se están quemando. Además de estos episodios, también podemos mencionar los territorios de California, Indonesia, Siberia, Bolivia, o Gran Canaria como el escenario de grandes y recientes incendios sin precedentes.

Este tipo de desastres naturales tienen una serie de consecuencias que afectan directamente a la comunidad humana. Muchas vidas se pierden durante la huida o la lucha contra los grandes incendios forestales. Por ejemplo, en el “verano negro” murieron más de 34 personas por causa directa de las llamas [6]. Además de las muertes directas, el impacto indirecto que pueden tener los incendios en la salud humana es un importante motivo de preocupación, ya que una exposición prolongada a su contaminación puede tener efectos adversos en la salud de forma permanente. Los gases emitidos por los incendios contienen principalmente CO₂, medianamente tóxico, y cantidades considerables de otros gases tóxicos o muy tóxicos como el monóxido de carbono o el formaldehído. La materia orgánica quemada tras un incendio también puede contaminar el agua y el suelo de un territorio, contribuyendo a aumentar el impacto negativo en nuestra salud. Se estima que, debido a estas razones, las muertes relacionadas con los efectos indirectos de los incendios forestales son de más de 33.000 anualmente en todo el mundo [8], pudiendo ser quizá hasta 10 veces más. Estos efectos contaminantes participan de forma decisiva en la generación de enfermedades cardíacas, respiratorias, y de cáncer en las personas que hayan sido expuestas al humo o la contaminación de un incendio. Siendo de 1.000 kilómetros el alcance de muchas nubes de humo procedentes de grandes incendios, podemos imaginarnos el calibre que tiene este problema en relación con la salud pública.

Pero este problema no sólo afecta notablemente a nuestra salud, sino que también lo hace a nuestra economía: la quema descontrolada de terreno natural puede devenir rápidamente en la destrucción cultivos y pastos, esenciales para la economía rural y el sector primario, además de amenazar propiedades como inmuebles, vehículos, o infraestructuras públicas. La lucha necesaria para frenar la destrucción de un incendio forestal tiene también unos costes cada vez más elevados, debido al aumento en su número y virulencia. Las campañas de prevención y vigilancia suponen otro coste dirigido a la gestión de este problema. Por último, el impacto de los incendios forestales en la salud pública tiene también unos costes sanitarios asociados. Todos estos costes y pérdidas se suman para generar un impacto considerable sobre la economía de los países afectados por este problema. En Estados Unidos se estima que existe un impacto económico total de entre 70 y 350 mil millones de dólares cada año (dependiendo de la severidad de cada temporada de incendios) relacionado directamente con los incendios forestales [9]. En el caso de España, el gasto sólo en la lucha contra incendios se estima entre 500 y mil millones de euros anuales [10].

Otra terrible consecuencia de los incendios forestales es el impacto climático y ecológico que ocasionan. El funcionamiento vital de la vegetación terrestre es el mecanismo principal por el que el cambio climático puede verse frenado e incluso llegar a retroceder. Las plantas consiguen capturar el dióxido de carbono de la atmósfera para transformarlo en oxígeno y almacenar el

carbono en su madera, pero ante una combustión la madera devuelve el carbono en forma de CO₂ al ambiente y se interrumpen todas las reacciones generadoras de oxígeno, al verse destruidas las células vegetales. Un incendio constituye por tanto un castigo doble para el medio ambiente: el motor de su mantenimiento y regeneración, las plantas, se ve disminuido, y en ese mismo proceso se libera una cantidad importante de material contaminante. El impacto climático va más allá cuando el área afectada por un incendio forestal se ve expuesta a la erosión y contaminación del agua, lo que dificulta enormemente la restauración de una biosfera comparable a la de antes del incendio. Este impacto climático es grande y va en aumento. Un ejemplo de ello es que las emisiones globales de los incendios forestales, sólo durante el mes de agosto de 2020, igualaron a la emisión media anual de toda Unión Europea [11].

La tecnología que el ser humano ha sido capaz de desplegar para luchar contra los grandes incendios es diversa y en algunos casos muy avanzada. En la mayoría de los países del mundo existen sistemas de prevención y vigilancia constante, y en el caso del estallido de un incendio se cuenta con numerosas respuestas por tierra y por aire para su extinción. Sin embargo, las preocupantes cifras de las últimas décadas y el pronóstico climático que hay para las décadas venideras claman por un aumento en la cantidad y en la calidad de nuestras capacidades para sobreponernos a este problema. Todavía hoy, cuando hemos conseguido proezas tecnológicas como la conquista del espacio o la energía nuclear, seguimos siendo vulnerables a este milenario y casi primitivo enemigo de nuestra civilización.

Tomando el nombre del ave que habita en los desiertos, que puede verse en las zonas áridas de España – donde se la conoce como ganga ibérica o ganga ortega- y que es capaz de transportar agua adherida en su plumaje [12], *Sandgrouse* es un proyecto empresarial y tecnológico que pretende sumarse a la respuesta creciente y necesaria contra los incendios forestales.

El proyecto *Sandgrouse* quiere explotar las capacidades aéreas que tenemos a la hora de abordar la extinción de un incendio. Debido a una complicada orografía o a lo remoto que puede ser un terreno incendiado, las soluciones de extinción por tierra son muchas veces insuficientes. Llevar personal y equipo de extinción hasta el corazón de un bosque de montaña puede ser muy costoso en tiempo y dinero, además de peligroso para los bomberos que se enfrentan directamente contra el fuego. En cambio, en el uso de la aviación encontramos una vía de entrada mucho más fácil a cualquier zona incendiada, sin importar su accesibilidad por tierra. Las soluciones aéreas existentes consisten principalmente en el lanzamiento directo de agua o retardante sobre las superficies incendiadas desde aeronaves capaces de portar grandes cantidades de este líquido. Estas aeronaves son, por una parte, helicópteros; versátiles, no necesariamente especializados para esta misión, y muy efectivos para pequeños incendios localizados y, por otra parte, hidroaviones. Los hidroaviones son vehículos totalmente especializados en la extinción de incendios, y constituyen el recurso aéreo más efectivo contra incendios grandes y extendidos. Esta oferta aérea actual para la extinción de incendios presenta algunas debilidades, que son también oportunidades de mejora: la primera tiene que ver con la forma de entrega del agua a

la zona incendiada. Cuando se libera agua desde cierta altura, ésta se dispersa considerablemente antes de llegar a tocar tierra. Esta dispersión disminuye la efectividad de la extinción del fuego debido a que la masa de agua más dispersa, repartida en forma de pequeñas y separadas gotas, apenas contribuye a detener la combustión de la superficie con la que contacta, cuando no se evapora directamente debido al tremendo calor generado por un incendio forestal. Otra debilidad se encuentra en la baja eficiencia de las soluciones aéreas, especialmente de los hidroaviones. El creciente número de incendios necesita de hidroaviones más ágiles, de un uso repetido más rápido, fácilmente recargables, y más numerosos. Estos aviones son caros e hiperespecializados. Suelen tener un uso esporádico e intensivo durante la temporada de incendios, y durante el resto del año estos aviones son de poco o ningún uso. Además estas aeronaves requieren de un vuelo bajo para su operación, lo que ha provocado muchos accidentes aéreos. Esto nos deja con unos recursos aéreos mejorables en cuanto a su técnica de extinción, en su usabilidad, en su número, seguridad, y en su coste económico.

Sandgrouse busca aprovechar estas oportunidades de mejora para ofrecer un recurso aéreo que sea capaz de superar las debilidades de los sistemas actuales. Mediante un uso inteligente, económico, e innovador de tecnología completamente disponible y común, se demostrará cómo es posible dar una respuesta más efectiva para este problema tan considerable.

II. ASPECTOS TÉCNICOS

Antes de establecer un posible modelo de negocio y una estrategia de desarrollo, es esencial estudiar y validar la idea detrás del proyecto. Dada la naturaleza técnica de la solución presentada por *Sandgrouse*, el primer paso para presentar el proyecto es demostrar la validez de sus principios técnicos fundamentales de una forma lo más realista posible. Esta sección tratará de exponer en detalle todos los aspectos técnicos de funcionamiento y diseño de la solución que ofrece *Sandgrouse*, con el objetivo de demostrar la plausibilidad de la idea y argumentar racionalmente todas las elecciones en su diseño.

2.1.Requerimientos de funcionamiento

Teniendo en cuenta las oportunidades de mejora mencionadas en la Introducción, a continuación se hará una lista de los requerimientos técnicos a los cuales *Sandgrouse* quiere llegar con su solución. El diseño de la solución, desarrollado posteriormente, sigue firmemente la guía que marcan todos estos requerimientos y aspira a cumplir con todos ellos de una forma lo más completa y equilibrada posible.

A. Eficiencia	Todos los elementos utilizados por la solución deben de contribuir con efectividad al objetivo de la extinción de incendios. Los elementos, materiales, o gastos que no participen directamente en el objetivo y sean desechados, dispersados, o perdidos deberán ser mínimos.
B. Rapidez	Ante la detección de un incendio, la solución tendrá que ser desplegada rápidamente. El tiempo que transcurre entre la llamada a la solución y la respuesta efectiva de ésta deberá ser mínimo.
C. Usabilidad	La solución tiene que poder usarse de forma continua, siendo las interrupciones de su uso las mínimas y más breves posibles.
D. Versatilidad	La solución debe de ser adaptable a los diferentes medios, condiciones, y recursos disponibles del entorno, sacando provecho de ellos sin necesitar operaciones adicionales.

<p>E. Economía</p>	<p>Un coste mínimo se traduce en poder multiplicar la solución. Por esto la solución deberá tener unos costes totales por cada uso lo más bajos posibles para una mayor dimensión.</p>
<p>F. Ecología e Impacto</p>	<p>La solución tendrá que ser lo menos agresiva con el medio ambiente posible en su uso y construcción. Además tendrá que garantizar la seguridad para las personas que puedan verse involucradas en su uso.</p>

2.2.Diseño

Para justificar las elecciones hechas en el diseño se va a hacer un desarrollo progresivo de éste deduciendo cada elemento, material, forma o mecanismo desde los requerimientos presentados. Este desarrollo deductivo muestra la razón de ser de cada elemento de una forma realista, teniendo muy en cuenta las limitaciones físicas que se puedan encontrar.

2.2.1. Tipo de entrega

El diseño debe de empezar por el tipo de técnica aérea que se va a utilizar para extinguir el fuego de un incendio forestal, y para ello tendremos que estudiar primeramente el problema al que nos enfrentamos. Una combustión necesita principalmente tres elementos para darse y mantenerse: calor, combustible, y oxígeno. Las soluciones actuales atacan principalmente la fuente de oxígeno de la combustión, puesto que retirar cantidades ingentes de madera, creando un kilométrico cortafuegos improvisado, sería un proceso muy costoso y lento durante el curso de un incendio. Extinguir un incendio disminuyendo su temperatura es una opción que también queda descartada, porque sólo el desorbitado coste energético de realizar esta tarea ya es una razón suficiente para renunciar a esta opción. Esto nos deja con la técnica de ahogamiento de la combustión, es decir, retirar o suprimir el oxígeno participante de una combustión. Esta técnica se alinea con los métodos de extinción actuales, que usan fluidos no inflamables líquidos y gaseosos como el dióxido de carbono, la espuma, o el agua para expulsar al oxígeno del entorno directo de la combustión, interrumpiendo sus procesos.

Tenemos entonces que escoger entre las diferentes técnicas de ahogo de combustión. Estas técnicas se pueden dividir entre el uso o el no uso de fluidos:

No uso de fluidos	Consiste en retirar o hacer ineficiente el uso del oxígeno que hace una combustión sin utilizar otras formas de materia, principalmente fluidos. Esta técnica puede realizarse retirando o agotando el oxígeno de una combustión (como en el caso de una vela que queda tapada por un vaso y se extingue), o acelerando el oxígeno a tales velocidades que no le da tiempo a interactuar óptimamente para mantener una combustión estable (como en el caso de una vela que se sopla).
Uso de fluidos	Emplea el uso de fluidos líquidos o gaseosos para ocupar y ‘robarle’ el espacio al oxígeno de una combustión, deteniéndola (como en los extintores de CO ₂), además de aislar al combustible del calor y del aire que contiene oxígeno (como el agua o los extintores de espuma, que empapan al combustible).

De entre todas estas opciones, la que con diferencia preserva mejor a los requerimientos E (Economía), D (Versatilidad) y F (Ecología e impacto), es la del uso del agua. Las demás opciones suponen materiales más caros y contaminantes, de manufactura compleja, y de difícil implementación, como es el caso de un desplazamiento masivo del aire sin utilizar fluidos, o la entrega de cientos de metros cúbicos de fluidos químicos contaminantes. Es por esto por lo que la técnica utilizada por la solución de *Sandgrouse* es la de la entrega de agua.

La entrega de agua es también una técnica utilizada por las soluciones actuales, que responden a los mismos requerimientos, y que están materializadas en los helicópteros e hidroaviones de los cuerpos de bomberos. Por tanto, para superar a las soluciones actuales, necesitamos dar un uso innovador y optimizado en la entrega de agua.

Como punto de partida en este momento nos centraremos en el requerimiento A (Eficiencia) para el desarrollo del diseño en la entrega de agua. El problema principal por superar en este sentido es el ya mencionado anteriormente: el agua lanzada desde altura sufre una dispersión y una evaporación que resta poder supresor a las soluciones actuales. Para superarlo comenzaremos por definir las características de una solución ideal y posteriormente seleccionaremos un diseño realista que pueda acercarse a esas condiciones. De esta manera, una solución ideal para la extinción de incendios mediante la entrega de agua consistiría en un dispositivo que, de alguna manera, repartiese perfectamente el agua entre la materia en combustión, protegiéndola durante el proceso del calor y evitando su dispersión. Dado que la geometría de las superficies en combustión de un conjunto de vegetales es normalmente muy compleja, nos centraremos en asegurar una protección contra el calor y la dispersión óptimas en el momento de la entrega, dejando el reparto espacial del agua como un objetivo que sólo se puede conseguir hasta cierto punto, y donde es inevitable desperdiciar una mínima cantidad de agua en superficies que realmente no están en combustión.

El camino seleccionado para evadir la dispersión y la evaporación del agua en su entrega es el de su encapsulado. Mediante un encapsulado del agua, esta puede llegar hasta el corazón del incendio prácticamente intacta. Sin un encapsulado, el agua tendría que ser entregada de alguna forma que no afectase a su integridad, como por ejemplo en un chorro a presión. Lamentablemente, estas soluciones comprometen el requerimiento B (Rapidez), ya que la entrega de agua sería estrangulada por un flujo fijo, además de añadir complejidad y costes que afectan a los requerimientos E (Economía) y C (Usabilidad).

El encapsulado del agua tiene que estar provisto de un sistema de apertura que le permita liberar el agua en el momento y de la forma adecuados. Con el objeto de asegurar el requerimiento E (Economía) se prescindirá de cualquier complejidad derivada de este sistema de apertura de la cápsula, por lo que la selección de este sistema no utilizará métodos de impulso con explosivos o mecanismos motorizados. Por este motivo la fuente de energía que se ha seleccionado para repartir el agua encapsulada es la propia energía gravitatoria de la cápsula, es decir, la utilización de su fuerza de caída como instrumento para el reparto del agua. Pero una cápsula que cae contra el suelo puede repartir el agua de una forma poco óptima para la extinción de un incendio: la inercia que tiene la cápsula hacia la dirección del suelo puede desembocar en un reparto del agua a muy baja altura, sin llegar a separarse demasiado del suelo. Por esto hay que hacer un cuidadoso diseño de la cápsula que sepa aventajarse de la trayectoria descendente para aprovechar la energía gravitatoria en un reparto de agua lo más eficiente posible.

El diseño escogido para este fin es el de una cápsula con una parte inferior deformable y cerrada, y con una parte superior rígida pero abatible donde se encuentre una apertura. El funcionamiento que se busca es el siguiente: la velocidad de caída provoca la deformación de la parte inferior de la cápsula en el momento del contacto con el suelo, disminuyendo el volumen de la cápsula. Al ser la parte inferior cerrada, la presión de toda la cápsula aumenta mucho rápidamente. La apertura de la parte superior da entonces salida a esta agua a presión, repartiéndola en altura y superficie.

Los materiales escogidos para la construcción de la cápsula tendrán que cumplir con estas condiciones de plasticidad y rigidez para conformar las partes inferior y superior de la cápsula respectivamente. El material escogido para esta tarea son las planchas de metal. Su bajo coste, versatilidad para la construcción, resistencia a las roturas, y capacidades para ser deformadas o permanecer rígidas (según su grosor y diseño) ofrecen una solución superior a la que puede dar la madera, el plástico, u otros elementos de coste mayor.

El diseño escogido es sencillo y busca minimizar los costes y el tiempo de construcción. Comprende de una pirámide triangular en la parte inferior como punta de la cápsula, que será la parte deformable, ligada a tres paredes rectangulares que se cierran en la parte superior. La punta piramidal no tendrá aperturas, mientras que las paredes rígidas de la parte superior estarán

separadas, sólo unidas a la parte inferior por su lado más bajo. Esto nos da el primer diseño de la cápsula o cofre de *Sandgrouse*:

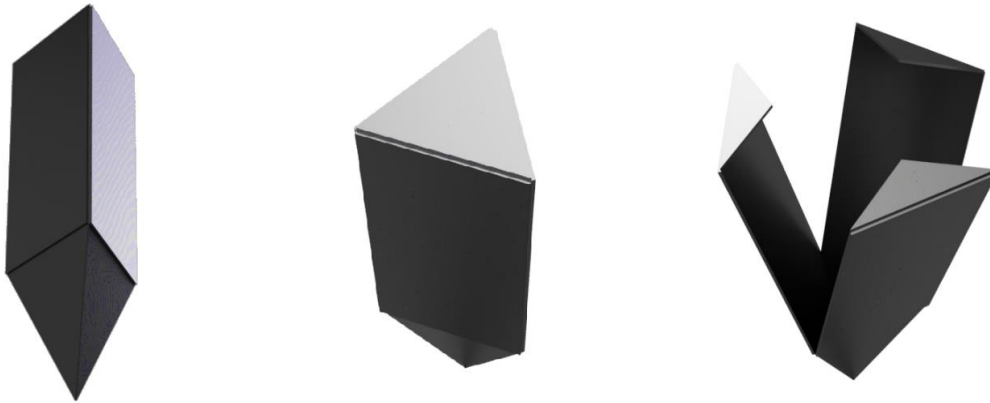


Figura 1. Cofre. Perspectivas inferior y superior cerradas, y superior abierta.

Las paredes rígidas pueden tener un grosor mayor al de la punta del cofre para evitar una deformación excesiva con la consiguiente mala dispersión del agua, pero un grosor excesivo puede no ser una buena opción ya que aumenta el coste y el peso de cada cofre. En su lugar, se opta por unas barras metálicas de extrusión cuadrada para darle la robustez necesaria a las paredes del cofre. La articulación del movimiento de las paredes rígidas se da mediante el doblado de la junta metálica existente entre la punta y cada pared, que no ofrece mucha resistencia a ser doblada hacia fuera.

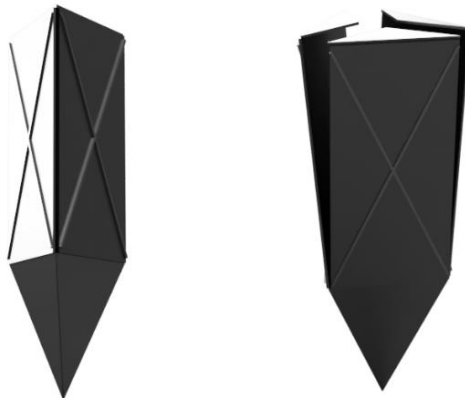
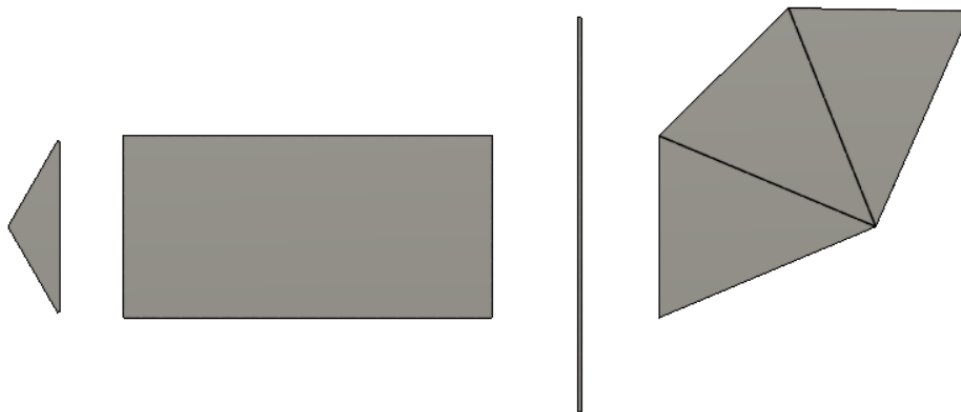


Figura 2. Cofre con barras cuadradas de extrusión. Posición cerrada y abierta.

La geometría escogida busca cumplir al máximo con el requerimiento E (Economía), por lo que la forma escogida es la de tres lados o caras para minimizar las conexiones y juntas entre diversas piezas durante el montaje. Las formas escogidas también buscan utilizar un número de piezas diferentes mínimo. De esta manera, un número mínimo de piezas simplifica el diseño y rebaja más los costes que si tratásemos con un gran número de piezas diferentes.



*Figura 3. Diferentes piezas necesarias para la construcción del cofre.
De izquierda a derecha.: Tapa ($x3$), pared ($x3$), barra ($x6$), y punta ($x1$).*

En este punto, la construcción del cofre se limita a ensamblar cuatro tipos de piezas diferentes. Además, se podrá abaratar todavía más el coste de materias primas si las tres piezas compuestas por planchas metálicas (tapa, pared, y punta) fuesen cortadas desde una misma plancha metálica.

2.2.2. Caída

La eficacia de esta solución depende de la correcta entrega del agua a través del cofre que se ha presentado. El diseño escogido implica que una correcta entrega del agua sólo se puede dar si el cofre cae “de punta” contra el suelo, es decir, con su punta deformable orientada en dirección descendente. Este cofre es lanzado desde altura, por lo que una correcta orientación del cofre puede verse comprometida debido a la fuerza que ejerce el aire durante su descenso. Sin un sistema de orientación, el cofre podrá girar caóticamente en el aire, desorientarse, y perder toda su funcionalidad durante la caída. Por esta razón existe la necesidad de añadir en el diseño un elemento que asegure la estabilidad y la orientación correcta del cofre en la caída.

La solución a este problema es una que ya es común y extendida: las plumas de una flecha, los alerones de un cohete, la cola de un dardo; todas estas soluciones hacen uso de elementos que pueden llamarse alerones o aletas, que se basan en la colocación de piezas laminares en la parte trasera del objeto que se oponen a cualquier movimiento que no sea en la dirección paralela a la de su plano. Estas aletas serán colocadas de tal forma que sean fácilmente ensamblables, por lo que se ha escogido ponerlas paralelamente a cada una de las tres paredes del cofre.

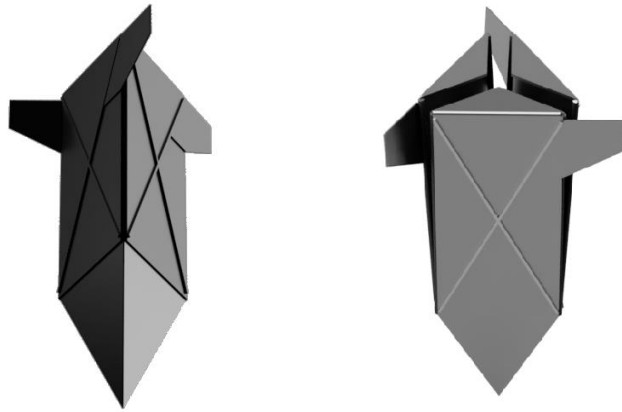


Figura 4. Cofre con aletas de estabilización. Posición cerrada y abierta.

Gracias a las aletas de estabilización, la fuerza que el aire ejerce contra el cofre durante en su caída sirve para mantenerlo en una posición correcta hasta el momento de chocar con el suelo. Estas piezas son de nuevo de plancha metálica, por lo que podrán cortarse desde la misma plancha metálica utilizada para cortar las paredes, tapas, y punta.

2.2.3. Adaptabilidad a aeronaves

El paso final para el despliegue completo de esta solución es poder adaptarla al transporte y el lanzamiento desde aeronaves. Para ello necesitamos un sistema que por una parte sujete a los cofres durante su transporte en la aeronave, y que por otra sea capaz de soltarlos en el momento preciso. Cumpliendo con el requerimiento B (Rapidez), las aeronaves que se consideran son solamente los aviones, pues tienen un rendimiento óptimo entre cantidad de carga y velocidad. Buscando cumplir con el requerimiento D (Versatilidad), se quiere aprovechar el hecho de que este tipo de cofres puedan ser utilizados en más de un tipo de aeronave, y que no tienen por qué necesitar de aeronaves especializadas para su uso. Por esta razón, cualquier aeronave de carga, civil o militar, podrá ser aprovechada para el uso de la solución de *Sandgrouse*. Además, *Sandgrouse* podrá hacer uso de una o más aeronaves propias y especializadas para el uso de su solución complementariamente a estas aeronaves civiles o militares que se aprovechan.

- Aeronaves especializadas de *Sandgrouse*:

Estas aeronaves estarán construidas o adaptadas para el uso específico del lanzamiento de cofres. A diferencia de los aviones de carga comunes, la entrega de los cofres en un avión especializado se hará mediante una salida accionada por compuertas en parte inferior del fuselaje, en lugar de estar esta salida en su parte trasera. De esta manera, la salida de los cofres puede ser más directa, y los cofres pueden pasar de estar almacenados en el espacio de carga a caer directamente fuera de la aeronave, sin necesidad de movimientos intermedios. El espacio de carga tiene entonces una apertura accionada por compuertas en su parte inferior —al estilo de los aviones militares bombarderos—.



Figura 5. Ejemplos de compartimentos para bombas "Bomb Bays" con compuertas "Bomb Bay Doors". De izq. a dcha.: B-24, Tupolev Tu-2, y Avro Lancaster.

Para sostener y transportar los cofres en una aeronave, se ha escogido un diseño en el cual el cofre va colgado verticalmente de una pequeña pieza esférica llamada “pomo” que está unida al cuerpo del cofre mediante unas barras o “escuadras” metálicas. En este supuesto, el pomo será sujetado por un simple mecanismo de pinza que encaje con él, como si fuese un molde de dos piezas, que estará integrado en el interior de la aeronave. Este mecanismo de pinza permanece cerrado durante el transporte del cofre, sujetándolo por el pomo, y puede ser abierto mecánicamente o eléctricamente en el momento necesario (*Figura 7*).

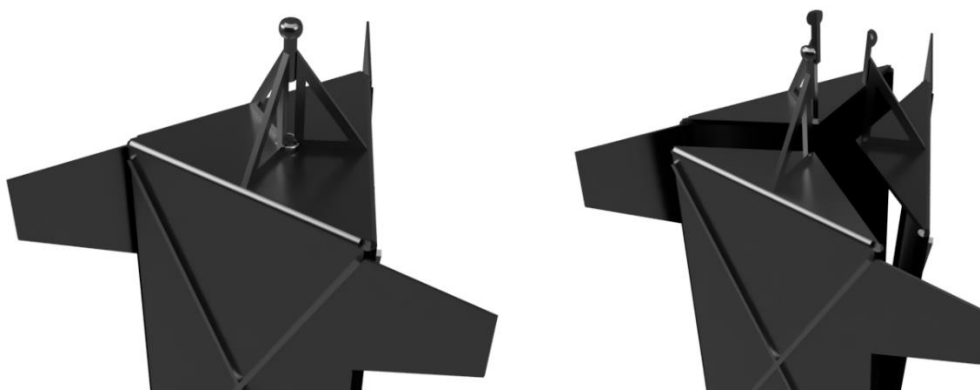


Figura 6. Parte superior del cofre con escuadras y pomo. Posición cerrada y abierta.

En este punto del diseño también se ha añadido una pieza fundamental relativa a la apertura del cofre. Todavía no se ha mencionado el sistema por el que el cofre permanece cerrado durante el transporte y la caída, y sólo se abre al tocar el suelo. Este sistema comprende de una pequeña pieza flexible llamada “brida”, también metálica, que está enhebrada en unos pequeños orificios que se encuentran en la parte baja e interior de cada escuadra. Esta brida está en tensión constante durante el transporte y la caída, uniendo las tres paredes móviles del cofre en su posición cerrada. Cuando ocurre el contacto con el suelo, la presión del cofre aumenta

rápida y la brida tendrá que soportar más tensión. Esta brida está diseñada con un grosor tal que su rotura espontánea se da en este preciso momento. Al romperse la brida ya no hay ningún elemento que una las tres paredes del cofre, y estas son libres de ser abiertas, empujadas tanto por la presión del agua en su interior como por su inercia descendente.

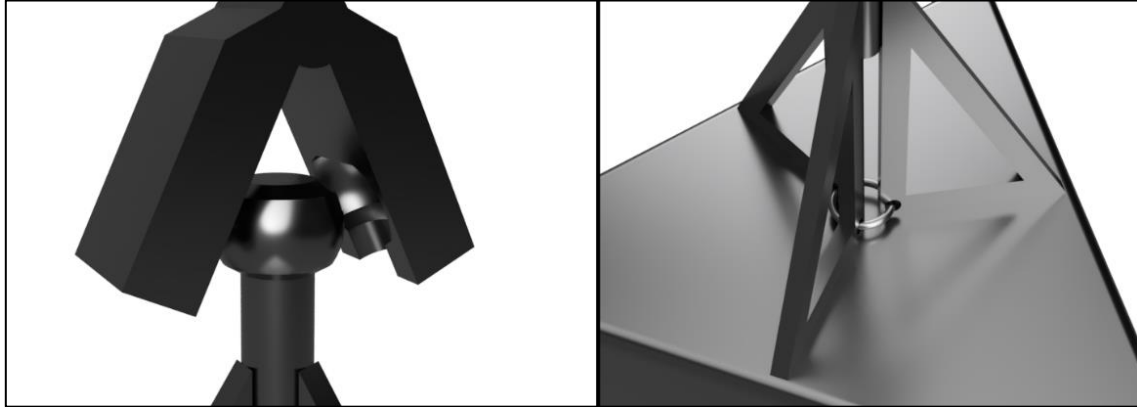


Figura 7. Mecanismo de pinza de agarre del pomo (izq.), y vista de la brida (drcha.).

Durante el transporte en una aeronave especializada los cofres quedan colgados en una posición vertical. Gracias a la geometría triangular de éstos, el aprovechamiento del espacio será óptimo para adaptarse al limitado fuselaje de una aeronave.

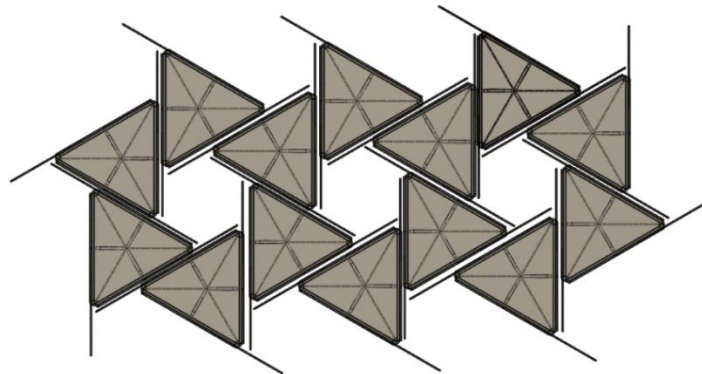


Figura 8. Vista superior de catorce cofres dispuestos verticalmente y en formato compacto para el transporte en aeronaves especializadas.

De esta manera, la aeronave especializada de *Sandgrouse* contará con un conjunto de pinzas de agarre dispuestas en series alineadas para el correcto transporte y entrega de los cofres en el momento preciso. Además, estas aeronaves especializadas podrán equiparse con sistemas de optimización del rendimiento, como un mecanismo de carga fácil y rápido, y un sistema de cálculo y medición de caída de los cofres que consiga una precisión máxima en la entrega sobre los puntos más críticos de un incendio forestal.

- Aeronaves civiles o militares de carga:

Buscando cumplir con el requerimiento D (Versatilidad), la naturaleza de esta solución pretende diferenciarse de todas las demás aprovechando la disponibilidad de cualquier tipo de aeronave, especialmente aquellas dedicadas a la carga, para que puedan participar en su uso. Generalmente, los espacios dedicados a la carga en estas aeronaves tienen su vía de entrada y de salida en una compuerta que se encuentra en la parte trasera del fuselaje. Cuando se pretende hacer una entrega aérea de carga mediante estos aviones, el método utilizado es el lanzamiento desde esta compuerta cuando ésta se mantiene abierta durante el vuelo. De esta manera, la carga se desliza mediante unos carriles o rieles fuera de la aeronave, donde caerá sujeta por paracaídas u otros sistemas.



Figura 9. Aviones de carga actuales. De izquierda a derecha: C-130 Hercules, Airbus C-295, y un C-130 soltando su carga en vuelo.

La adaptación más sencilla de la solución de *Sandgrouse* a este tipo de aeronaves es la de disponer los cofres horizontalmente, tumbados dentro del espacio de carga, y deslizarlos fuera del fuselaje en el momento preciso, copiando así el sistema usual que utilizan este tipo de aviones. Sin embargo, el diseño triangular del cofre que se ha presentado hasta el momento, pese a ser óptimo en cuanto a sencillez y economía, puede no ser muy adaptable a las aeronaves de carga no especializadas debido a su geometría no compatible con una posición horizontal estable. Por esta razón se tiene que hacer un diseño con un lado más (de cuatro paredes) que sí tenga una posición horizontal estable y sí sea fácilmente adaptable a los suelos y las rampas planos de una aeronave civil o militar de carga. Manteniendo todos los elementos del diseño presentado, un cofre de base cuadrada seguiría teniendo exactamente el mismo funcionamiento, pero ahora sería compatible con la posición horizontal.

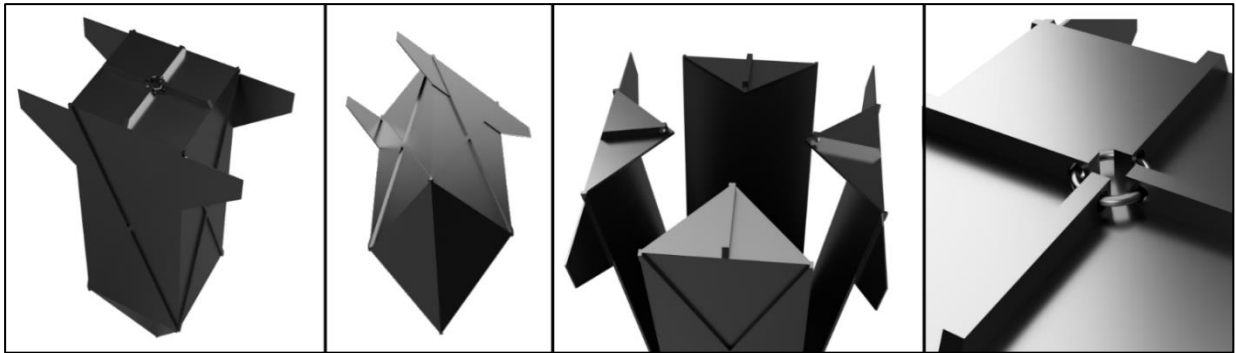


Figura 10. Cofre de cuatro lados. De izquierda a derecha: Vista superior cerrada, vista inferior cerrada, vista superior abierta, y vista en detalle de la brida en la parte superior.

Este cofre de planta cuadrada se dispondrá horizontalmente garantizando su estabilidad, y se mantendrán todos los sistemas diseñados para la caída de punta, el deformado de la parte inferior, y la apertura mediante una brida rompible. Dado que ya no existe una necesidad de disponer el cofre verticalmente, los elementos de la escuadra y el pomo han sido eliminados de este diseño. Una vez en pleno vuelo, el lanzamiento de los cofres se hará fácilmente empujándolos mecánica o eléctricamente fuera de la aeronave por la compuerta trasera, tal y como se hace con las cargas para las cuales están diseñados estos aviones.

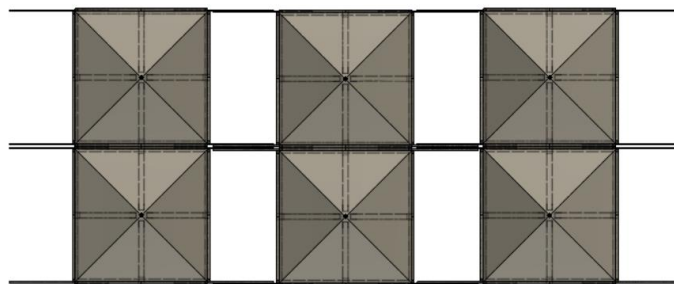


Figura 11. Vista frontal de dos filas de tres cofres cuadrados cada una, con los cofres apilados horizontalmente.

2.2.4. Adaptabilidad al transporte

Esta solución cumple con las necesidades encontradas en el transporte y entrega desde una aeronave de carga, pero todavía no se han considerado las etapas previas que existen entre la construcción del cofre y su introducción en la aeronave que lo transportará volando hasta el incendio. Por esta razón hay que considerar también que los cofres tendrán que pasar por un proceso de transporte por tierra, concretamente por carretera, desde su punto de construcción hasta su destino final en los aeropuertos y aeródromos correspondientes.

Para evitar cargar peso innecesariamente durante el transporte de los cofres por carretera, éstos se transportan vacíos. Dado que los cofres, aunque estén vacíos, ocupan una cantidad considerable de volumen, es conveniente ajustar el diseño para optimizar también este proceso de transporte y conseguir transportar más cofres con el mismo volumen disponible. Para ello,

las paredes de los cofres no se harán con una forma rectangular perfecta, sino que se modificará su forma muy ligeramente para que la oquedad del cofre sea un poco más estrecha en su parte inferior que en su parte superior, pudiendo así introducir unos cofres dentro de otros como, por ejemplo, se introducen ciertos vasos dentro de otros para su transporte y almacenaje. Para poder cumplir con este propósito es necesario también modificar la tapa del cofre para que su parte superior quede totalmente abierta. La solución a esta necesidad está en hacer la tapa del cofre fácilmente montable y desmontable, uniendo sus piezas al resto del cofre mediante tornillos de fácil acceso e inserción.

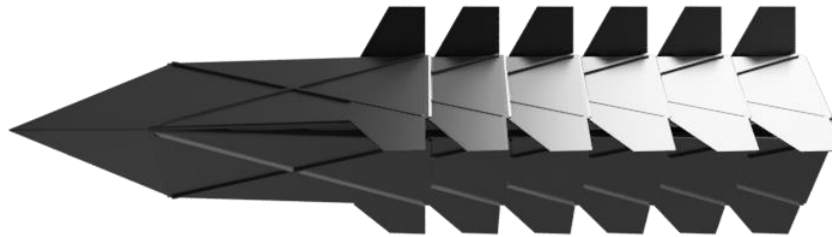


Figura 12. Seis cofres de tres paredes vacíos y apilados para su transporte.

De esta manera, con las piezas de la tapa fácilmente retirables y una geometría que permite la introducción sucesiva de unos cofres dentro de otros, el transporte terrestre por carretera mediante camiones u otros vehículos está optimizado para poder llevar más cofres haciendo uso del mínimo espacio posible.

2.2.5. Diseño final

Una vez con las principales elecciones de diseño definidas, queda concretar algunos puntos menores que todavía no se han tocado con respecto al diseño final de la solución ofrecida por *Sandgrouse*.

- **Ensamblado de piezas:** Las diferentes piezas que se han ido presentando (punta, paredes, barras, tapa, aletas, escuadra, pomo...) tienen que ser ensambladas convenientemente para el correcto funcionamiento de cada cofre. Dado que todas las piezas son metálicas, los métodos a considerar en el ensamblado son el de los tornillos, los remaches, y el soldado. Para el ensamblado de la tapa con el resto del cofre se ha decidido, por conveniencia para el transporte expuesta anteriormente, una unión de fácil ensamblado y desensamblado. Por tanto, esta unión se hará mediante un sistema de tornillos y tuercas colocadas en los puntos necesarios que garanticen robustez. El resto de las uniones se harán mediante soldado o remachado, dependiendo de lo que resulte más económico en un régimen de construcción de cofres individual o en serie.

- **Reforzadores internos:** El diseño de los cofres de *Sandgrouse* implica que la tapa de dichos cofres tiene que soportar todo su peso cuando éstos se encuentran colgados desde su parte superior o pomo. Esta tensión aplicada a las piezas de la tapa, concretamente a la unión entre estas piezas y las paredes, puede resultar fatal para el sellado del cofre y estropear todo su funcionamiento. Por este motivo se requiere colocar un segundo juego de escuadras o “reforzadores” en la parte interior del cofre, uniendo fuertemente las piezas de la tapa con las paredes.



Figura 13. Interior de una pared del cofre triangular con reforzadores.

- **Dimensiones:** Las dimensiones de los cofres se tendrán que adaptar a las capacidades en peso y en volumen de las aeronaves que los transporten. Buscando siempre llevar el mayor peso posible dentro de los márgenes de seguridad, el volumen de los cofres se tendrá que modular a los espacios de carga de los aviones para poder meter una mayor cantidad de ellos en cada viaje. Con las dimensiones usuales de los compartimentos de carga de los aviones de transporte, las dimensiones de los cofres son de entre *1.5m* y *3m* de altura, con un volumen desde los *500* a los *2000* litros de capacidad por cofre.
- **Uniones impermeables:** La efectividad de los cofres a la hora de producir una salpicadura óptima exige que su volumen interno esté sellado hasta el momento del contacto con el suelo. Cualquier fuga o pérdida de agua antes de ese momento repercuten en el correcto funcionamiento de la solución. Por esta razón es necesario garantizar el sellado de los cofres colocando juntas de goma u otro material flexible e impermeable en las uniones existentes entre las partes móviles del cofre, esto es, en las uniones entre las distintas paredes y las distintas piezas de la tapa de los cofres.
- **Materiales:** Los materiales a utilizar en el cuerpo principal de los cofres son metales. Los mejores metales a disposición teniendo en cuenta su resistencia y precio son los aceros, el aluminio, y la combinación de aceros con recubrimientos como el zinc o el estaño. Teniendo en cuenta el requerimiento F (Ecología e impacto), el aluminio es el metal preferible tanto por su relativamente baja huella de carbono como por su baja toxicidad para el medio ambiente. Sin embargo, los precios de los metales cambian según la región y el contexto económico, y habrá que buscar un equilibrio con el requerimiento E (Economía) para encontrar un metal que cumpla mejor con las exigencias medioambientales preservando la viabilidad económica de la solución dentro de esta oferta de materiales.

2.3. Logística de la solución

La solución de *Sandgrouse* no sólo pasa por ofrecer una técnica efectiva para la extinción de incendios —que son los cofres—, sino que para completar la oferta presentada es necesario describir también todos los procesos intermedios desde la fabricación de los cofres hasta su entrega efectiva en los terrenos que están bajo la actividad de un incendio forestal.

El objetivo de todo el plan logístico de *Sandgrouse* consiste principalmente en garantizar el cumplimiento del requerimiento B (Rapidez). La planificación logística de *Sandgrouse* comienza definiendo el territorio donde esta solución está autorizada y capacitada para operar. Una vez conocido el territorio de acción de la solución, es necesario encontrar dentro de él los puntos aptos para el despegue y el aterrizaje de los aviones utilizados por *Sandgrouse*. Este mapa de los aeródromos y aeropuertos disponibles servirá para establecer un plan para la distribución de los puntos estratégicos donde se colocarán “estaciones operativas”, que serán utilizadas para abastecer y almacenar los recursos que la solución necesita para operar eficientemente. Estas estaciones operativas consisten en un pequeño almacén situado en las inmediaciones de un aeródromo o un aeropuerto. Con el objetivo de acortar todo lo posible el tiempo de respuesta de la solución, estos almacenes contienen un buen número de cofres llenos ya listos para su uso. De esta manera, si un incendio se produce en una zona cercana a una estación operativa de *Sandgrouse*, basta con que sus aviones se trasladen a dicha estación rápidamente (y sin carga) para comenzar a operar desde allí, abasteciéndose de cofres y combustible el tiempo necesario hasta que el incendio sea extinguido. Junto con los cofres almacenados es necesario disponer de un sistema de transporte e inserción de cofres en los aviones para cubrir el espacio existente entre el almacén y el compartimento de carga de dichos aviones. Si los cofres se almacenan sujetos por un marco o bastidor móvil adaptado para este corto transporte, no será necesario ningún sistema complejo más allá que el de una sencilla carretilla elevadora para transportarlos.

La distribución de las estaciones operativas de *Sandgrouse* está hecha teniendo en cuenta tanto las capacidades económicas de la solución como la distribución y forma de la masa vegetal del territorio donde esta solución está destinada a operar. Dada una cierta capacidad económica, las estaciones operativas no pueden superar un cierto número para garantizar la viabilidad económica de la solución. Con este número de estaciones operativas viables, hay que proceder a su distribución teniendo en cuenta la inflamabilidad, cantidad, y potencial de expansión de incendios de las zonas vegetales que se encuentran bajo la protección de *Sandgrouse*. Por ejemplo, una zona de cultivos de baja altura salpicada con pequeñas ‘islas’ boscosas no está igual de poblada con estaciones operativas que una zona de bosques bastos e interconectados.

El número de cofres almacenados en cada estación operativa también está calculado en función del potencial inflamable de cada zona. Las estaciones disponen tanto de cofres adaptados a las aeronaves especializadas de *Sandgrouse* como de cofres utilizables por aeronaves civiles y

militares de carga, y sus cantidades están proyectadas según la eficiencia y el tiempo medio de uso de la solución en cada incendio, aunque su número se comprende generalmente entre los 50 y los 150 cofres por almacén. Adicionalmente, en el caso de que una estación operativa quede desabastecida durante su uso, procesos de transporte y llenado de nuevos cofres se ponen en marcha preventivamente antes de que ésta quede totalmente vacía e inútil.

Por último, antes del lanzamiento de los cofres a las zonas incendiadas, el equipo de *Sandgrouse* hace uso de un apoyo informativo que se encuentra en la zona del incendio que le transmite información relevante sobre las zonas más prioritarias para la extinción, haciendo uso de imágenes capturadas por los agentes forestales, bomberos, o drones capacitados para el seguimiento de incendios forestales.

2.4.Observaciones al diseño

Ahora que ya se ha presentado el diseño completo de la solución es el momento de hacer algunas observaciones relevantes sobre él, que serán tenidas en cuenta también a la hora de establecer el plan estratégico del proyecto.

- Restos de cofres:

El uso de esta solución implica la extinción de los incendios forestales, pero también la deposición de cierta cantidad de metal en suelo natural. Pese a la relativa baja toxicidad de estos metales en forma sólida y maciza sobre el suelo salvaje, es siempre preferible retirarlos de ese emplazamiento tanto por el requerimiento F (Ecología e impacto) como por el E (Economía), ya que el reciclaje de esos metales puede ser ventajoso económicamente frente a la sola compra de nuevo metal.

La recolección de cofres usados se ejecuta empleando la temporada baja de incendios de la zona donde se opera, que puede durar varios meses de otoño, invierno y primavera (o a veces sólo el invierno), para dedicarse a esta tarea. Los caminos abiertos por los equipos terrestres de bomberos y el terreno despejado por el fuego son utilizados para crear rutas accesibles para la recolección de cofres, y un registro de las coordenadas de su lanzamiento hecho durante la actividad de la solución en el incendio ayudan a su rápida localización y recogida.

- Optimización del diseño:

El uso activo de la solución es empleado para encontrar posibles fallos y oportunidades de mejora en el diseño construido. Por esta razón es importante realizar un seguimiento o monitorización de su uso con el objeto de estudiar, analizar, y comprobar el correcto funcionamiento de la solución. Esta valiosa información es utilizada para efectuar pequeños cambios que poco a poco van aumentando cada vez más la eficiencia y la eficacia de todos los elementos utilizados.

- Prueba experimental:

Durante la realización de este trabajo se ha construido un prototipo de unos 20 cm de alto, hecho de plástico impreso en 3D (paredes, tapa, alerones, escuadra, reforzadores y pomo) y silicona de moldeo flexible (punta). El experimento muestra cómo el agua puede llegar a alturas de por lo menos 5 veces la del tamaño del cofre, pudiendo ser fácilmente algunas más, que han quedado fuera del plano de la cámara. El vídeo del experimento puede encontrarse en el siguiente enlace:

<https://mega.nz/file/jzAGWTSS#7x7Jo0Jckjr0XRuby9wrLkM3AOS2Yvci24npc6uq9Ug>



El prototipo se lanza desde una altura de aproximadamente 3.5 m desde la parte izquierda del plano, donde se encuentra una pared. La trayectoria del prototipo es recta y sigue la dirección del lanzamiento en su caída (línea blanca), lo que indica que los alerones cumplen su función. En el futuro habrá que estudiar en detalle las dimensiones del diseño en caídas más largas para asegurar la buena disposición de la aerodinámica de este cuerpo.

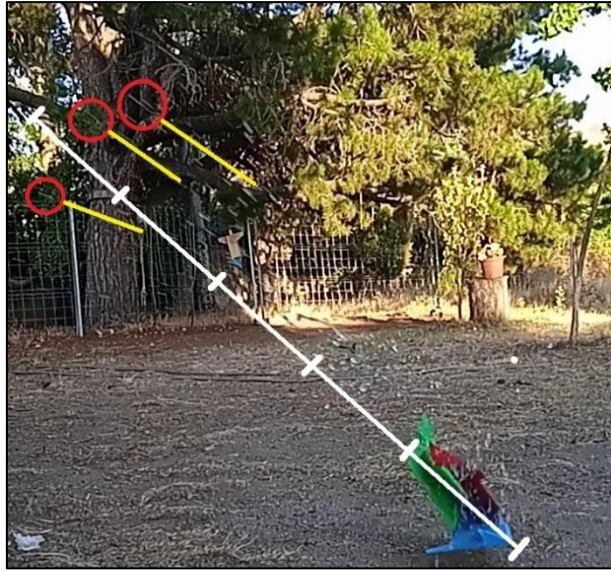
Fotograma 1. Caída del prototipo



En el momento del impacto, el prototipo rebota debido a su punta flexible y elástica (espacio señalado en morado), lo que hace perder algo de la energía que iba dirigida a impulsar el agua. Este fenómeno no se dará utilizando materiales metálicos. La masa de agua (en rojo) sale del cofre con una trayectoria ascendente (línea amarilla). Como estaba previsto, la brida, en este caso hecha de hilo, se ha roto en el impacto y las paredes del cofre han tenido éxito en abrirse.

Fotograma 2. Impacto del prototipo

En la descarga final de agua es cuando se puede observar que el prototipo ha conseguido lanzar el agua (círculos rojos) a una distancia de 1.25 m (línea blanca), con una trayectoria todavía ascendente (líneas amarillas), lo que implica que el agua se ha desplazado todavía más lejos. También puede observarse que hay agua descargada a distancias menores, cumpliéndose el objetivo de la distribución del agua en todo el entorno circundante al cofre.



Fotograma 3. Descarga de agua

Este experimento con el prototipo, pese a su imperfección, ha sido un primer paso exitoso hacia la demostración total del funcionamiento técnico de la idea. La producción de más prototipos, cada vez más cercanos a la composición y el diseño final, serán cruciales para que el proyecto pueda seguir adelante.

III. ESTADO DEL SECTOR

Esta sección tiene como objetivo mostrar el estado actual del sector de las soluciones para la lucha contra incendios forestales. Para ello se mostrará el entorno en el que *Sandgrouse* tendría que intervenir, recopilando información importante como la demanda de soluciones, el reglamento que rige el sector, su magnitud general actual, y las nuevas innovaciones que están emergiendo. Esta información sobre el sector, recogida tanto en cifras globales como también para el caso particular de España, es utilizada como una pieza fundamental y necesaria para la ejecución del proyecto *Sandgrouse*.

3.1. Demanda de soluciones

La existencia de soluciones capaces de hacer frente a incendios forestales surge naturalmente desde la problemática que estos presentan para la vida humana. Como se ha visto anteriormente, los incendios forestales tienen una serie de consecuencias que el ser humano prefiere evitar: el riesgo de nuestra vida ante las llamas, la destrucción de propiedades, los efectos adversos en nuestra salud, los costes económicos directos e indirectos, y el daño infligido a la biosfera terrestre. Además de estos factores humanos, también durante los incendios forestales mueren cada año millones de animales. Por estas razones se pone de manifiesto que el sector de la lucha contra incendios forestales es un sector de protección contra un problema que va contra nuestros intereses. La demanda de soluciones depende entonces del nivel de presencia de este problema, modulada también por el dinero y los recursos que se quieran emplear en ella.

3.1.1. Cuantificación del problema

Los incendios forestales son un problema del cual ningún país del mundo está completamente a salvo. Cada año, en el mundo se quema un área de aproximadamente 420 millones de hectáreas [13], el equivalente a la Unión Europea, repartida por todos los continentes del globo.

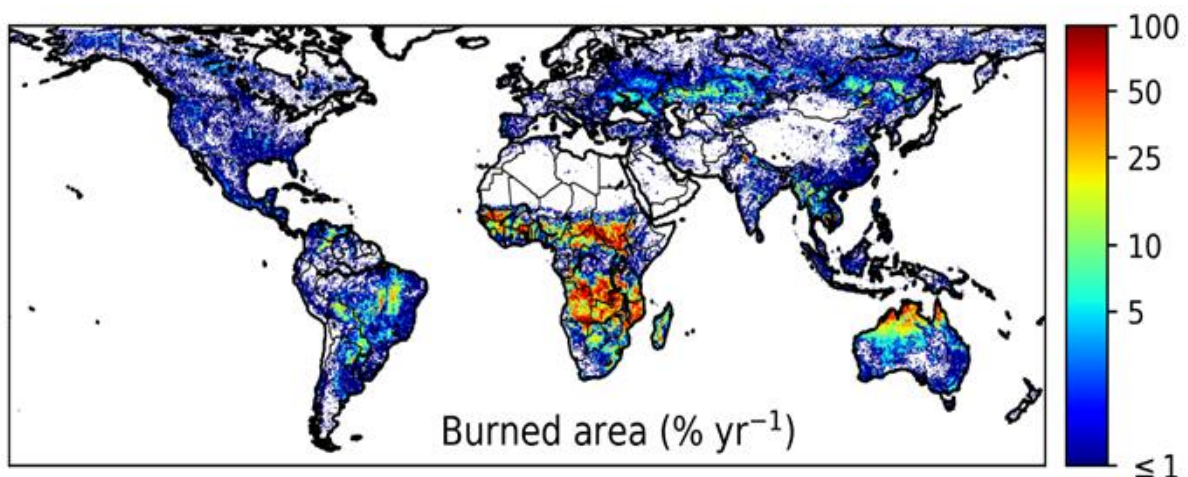


Figura 14. Porcentaje de área quemada anualmente en el mundo [14]

Exceptuando las zonas completamente desérticas, existe vegetación inflamable en toda la superficie terrestre del planeta. Todas estas diferentes zonas naturales características por su geografía, clima, y flora, llamadas biomas, están expuestas a los efectos de los incendios. Un gran volumen de datos de imágenes satelitales muestran cómo, en las últimas dos décadas, el régimen de actividad de los incendios ha cambiado de forma drástica debido principalmente a la globalización industrializada y al cambio climático [15]. Estos detallados estudios muestran que el panorama incendiario actual está dominado por grandes incendios en regiones despobladas del hemisferio norte (bosques boreales), zonas tropicales en el ecuador y sur del planeta (selvas y manglares), y en zonas áridas igualmente despobladas (sabanas y estepas). Las zonas pobladas del planeta, con menor presencia de biomas naturales, presentan sin embargo incendios mucho menores pero más numerosos, con tasas de ignición muy altas [14].

Los datos obtenidos por los estudios de imágenes satelitales muestran claramente que los países con más incidencia de incendios son los centroafricanos (Guinea, Ghana, Camerún, la República del Congo, Angola, o Mozambique); Brasil, Venezuela, Paraguay, y Bolivia en Sudamérica; Australia, Indonesia, y los países de la península de Indochina (Tailandia, Vietnam, etc.) en Oceanía; y Rusia, Estados Unidos, Canadá, el sur de Europa y el este de China en el hemisferio norte [16].

Pero no todos estos incendios observados por los satélites entran en la categoría que le interesa al proyecto *Sandgrouse*. Gran parte de los incendios registrados corresponden a incendios deseados y planeados, utilizados para la quema de excedentes vegetales, la limpieza de campos de cultivo, y el despeje de territorio salvaje para su aprovechamiento [17]. Debido a estas razones, las zonas de más intensidad incendiaria del planeta se corresponden con áreas donde existe una gran actividad del sector primario, especialmente en las sabanas tropicales, donde estas técnicas son las dominantes en la gestión de la agricultura [18]. Además de ser una herramienta que podemos utilizar para aprovechar mejor nuestros campos, se ha demostrado que el fuego en una actividad regulada beneficia también al equilibrio natural de los biomas salvajes [19]. Debido a la existencia histórica de los incendios, los ecosistemas han desarrollado mecanismos de defensa y adaptación ante este fenómeno, aprovechándolo para aumentar su biodiversidad, regular la calidad del suelo, detener el avance de especies invasoras, e incluso reducir el riesgo de megaincendios² gracias a la existencia de fuegos más pequeños [20], fenómeno conocido como “la paradoja del fuego”. Este punto de vista que tiene en cuenta la ecología del fuego está siendo impulsado poco a poco hacia los gobiernos, y pide realizar un cambio desde la prevención y la supresión hacia la adaptación y la mitigación de los efectos del fuego en la naturaleza [19]. Sin embargo, el avance de la tala de bosques, el aumento de los megaincendios, y las crecientes pérdidas y costes debidos al fuego exigen mantener un conjunto de soluciones supresoras que protejan a un medio salvaje cada vez más escaso, antes de

² Megaincendio (*Megafire*) es un tecnicismo informal utilizado para describir a un incendio extraordinario que quema un gran área. Está caracterizado por su gran tamaño, larga duración, y naturaleza incontrolable.

establecer por completo un nuevo paradigma basado en la adaptación y la mitigación que en el futuro podría ser más conveniente.

Pese a que la cantidad de superficie quemada cada año ha disminuido en las últimas décadas debido mayormente a la modernización del sector primario en las zonas donde el uso del fuego en la agricultura era central [21], los incendios forestales no deseados, especialmente los megaincendios, van en un aumento constante. Una vez hecha la distinción entre los incendios deseados de los no deseados, encontramos que la situación de los incendios no deseados actualmente se está agravando y se encuentra al borde de una escalada catastrófica. El recrudecimiento de las condiciones ambientales está provocando el posible surgimiento de un círculo vicioso entre el cambio climático y los incendios forestales [22]. Por ejemplo, el bioma amazónico se encuentra más cerca que nunca de un punto de inflexión donde esta gran masa vegetal puede pasar de ser un gran pozo de CO₂ a ser una gran fuente de CO₂ [23]. Por primera vez en la historia, biomas como la selva tropical o el bosque boreal se hayan frente a un serio riesgo de reducción en superficie debida a los incendios forestales. Este aumento de los incendios no deseados se da en todas las latitudes del planeta, debido al efecto global del cambio climático.

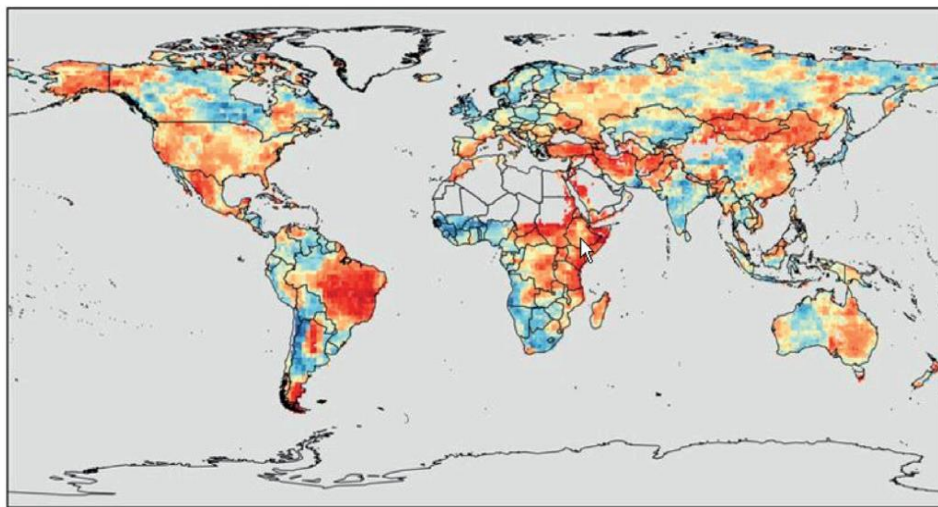


Figura 15. Cambios en la frecuencia de largas temporadas de clima seco en el mundo. El tono rojizo indica aumento de la frecuencia de temporadas secas inusualmente largas entre 1979 y 2013 [24].

Restringiendo el análisis a los incendios no deseados, los datos muestran cómo los países más afectados son los que poseen biomas con grandes cantidades conectadas de combustible vegetal (selvas, bosques, y sabanas) que además presentan una acusada presencia y aumento de las temporadas de incendios. Estos son Canadá, Rusia y Estados Unidos en el hemisferio norte, seguidos por México, el sur de Europa, Asia Menor, y el extremo oriente; y la región central de Sudamérica, África central y oriental, el archipiélago malayo, y Australia en el hemisferio sur. Se prevé que, con el avance del cambio climático, las temporadas de incendios seguirán siendo

inusualmente largas en todo el mundo, aumentarán los megaincendios, y una fuerte actividad incendiaria aparecerá donde usualmente no lo ha hecho, como por ejemplo en Europa central y los países escandinavos [24].

A pesar de los grandes incendios que sufren todas estas áreas del planeta, las pérdidas económicas varían dependiendo del valor del terreno quemado. Las zonas donde la vegetación incendiada incluye campos de cultivo, fuentes de actividad maderera, o infraestructuras y viviendas tienen un castigo económico muy acusado que incluso puede verse reflejado en el PIB del país afectado, como en el de estos ejemplos [25]:

	Daño económico en temporadas de incendios inusualmente destructivas	Año de la temporada de incendios
Indonesia	\$16.1 B / \$5.2 B	2015 / 2019
E.E.U.U.	\$180 B	2017
Europa	\$10 B	2017
Brasil	\$7 B	2019
Canadá	\$2.9 B	2016

3.1.2. Cuantificación de las soluciones

El interés del proyecto de *Sandgrouse* no sólo depende de la incidencia y gravedad del problema de los incendios en un cierto territorio del planeta, sino que también debe tener en cuenta los recursos que están disponibles en cada territorio para llevar a cabo sus soluciones. Por muy grande que sea la incidencia de los incendios en una zona, sin unos recursos económicos dedicados a sostener las soluciones que los combaten, es imposible hacer viable la implantación de dichas soluciones. Generalmente, estos recursos provienen exclusivamente de la administración pública local. Los organismos de gobierno deciden los presupuestos dedicados a la infraestructura supresora de los incendios, y también son capaces de aumentar estos recursos rápidamente en caso de urgencia. La cuantificación de estos recursos depende por tanto de los presupuestos dedicados a ellos en un primer momento, de las posibles ampliaciones debidas a temporadas especialmente demandantes, y de los gastos operacionales, como la compra de combustible o el desgaste de vehículos y herramientas de supresión.

Para ilustrar la distribución de los recursos económicos dedicados a los incendios forestales en los diferentes países del mundo se van a representar dos parámetros para cada país:

- 1- Dólares invertidos anualmente por cada hectárea vegetal del territorio (\$/ha/ yr).
- 2- Dólares invertidos anualmente por cada hectárea vegetal quemada anualmente (de media) en el territorio (\$/Bha), donde *Bha* son hectáreas quemadas.

Estas magnitudes condensan en una sola cifra la cantidad de recursos que está dispuesta a dar una cierta administración para proteger sus propios bosques y áreas vegetales, y al mismo

tiempo representan la posible carga de trabajo que podrá recibir *Sandgrouse* según estas cifras sean altas o bajas. Si estas cifras son altas significa que las áreas vegetales del territorio están bien protegidas y que las soluciones pueden estar bien distribuidas, siendo la carga de trabajo de *Sandgrouse* óptima para hacer una buena cobertura del problema. Cifras menores de estas magnitudes implican una distribución de soluciones más escasa y peor, una carga de trabajo excesiva para *Sandgrouse*, que tendrá que hacer frente con pocos recursos a vastos territorios, y una protección de los bosques comprometida.

Las zonas administrativas o países escogidos para el estudio de los datos son Europa [26], Turquía [27], Rusia [28], E.E.U.U. [29], Canadá [25], Brasil [30], Indonesia [31], Australia [32], Sudáfrica [33] y China [34]. Para ello se ha necesitado conocer tanto la inversión anual en tareas de extinción (\$/yr), como el estado del área vegetal de cada territorio [35]:

	\$/yr	ha	Bha/yr	\$/ha/yr	\$/Bha
Europa	35 B	150 M	0.5 M	0.2333	70.00
Turquía	0.5 B	11.3 M	76.2 k	0.0885	13.16
Rusia	1 B	755 M	6.52 M	0.0013	0.15
E.E.U.U.	42 B	252 M	1.7 M	0.1667	24.71
Canadá	1 B	421 M	2.5 M	0.0024	0.40
Brasil	0.2 B	492 M	2.9 M	0.0004	0.07
Indonesia	0.1 B	93.8 M	0.2 M	0.0011	0.50
Australia	1.3 B	38 M	0.23 M	0.0342	5.65
Sudáfrica	0.3 B	4 M	24 k	0.0750	12.50
China	5.3 B	133 M	0.42 M	0.0398	12.62

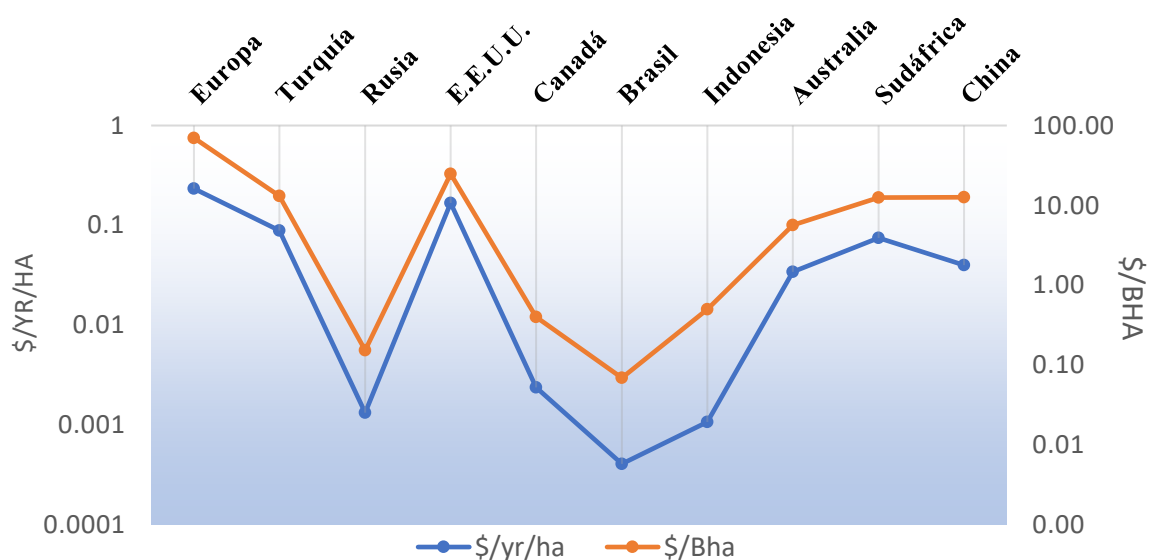


Gráfico 1. Comparación de inversiones entre los países escogidos

Los datos comparativos obtenidos de este estudio general confirman las sospechas sobre dónde es más conveniente la adopción de una solución como la que presenta *Sandgrouse*. Los países occidentales con temporadas de incendios intensas presentan una inversión económica que corresponde bien con sus necesidades para salvaguardar sus superficies vegetales. Existe también un fenómeno de sobrecarga en algunos países occidentales que no presentan una inversión acorde con sus necesidades, señaladamente en Rusia y Canadá, donde sólo en los últimos años han visto incentivos para aumentar su protección frente a una actividad incendiaria creciente impulsada por la intensificación del cambio climático. La zona europea y Estados Unidos presentan la mayor inversión, aunque debido a su gran tamaño es necesario diferenciar las zonas dentro de estos territorios donde se concentran estos esfuerzos. En el caso de Europa la protección está centrada en su zona sur, y en Estados Unidos se concentra en el extremo occidental.

Existe a su vez una tendencia hacia el aumento progresivo de la inversión dirigida a este problema en todo el mundo. El aumento generalizado de la actividad incendiaria y los megaincendios empujan a los países con capacidades económicas a reforzar sus recursos para hacer frente a estos problemas. Por otra parte, los países con menor capacidad económica sufren también este problema de forma creciente, y su lento pero constante desarrollo económico, junto con la aparición de soluciones mucho más eficientes y económicas como la de *Sandgrouse*, asegura que eventualmente también pondrán establecer una defensa cada vez más correspondida con el problema.

3.2.Soluciones innovadoras y vanguardistas

Las soluciones actuales llevan casi 50 años sin cambiar sustancialmente, por lo que es natural que existan esfuerzos por llevar el sector hacia un nuevo nivel. Todas las soluciones innovadoras encontradas se encuentran en una fase experimental, y todavía no ha existido ninguna que haya podido extenderse más allá de este estado.

- Misiles supresores en China

Durante la década de 2010 se desarrolló en China una idea innovadora que también parte del ejercicio militar para la lucha contra incendios. Este dispositivo consiste en un misil autopropulsado cuya cabeza explosiva ha sido sustituida por un elemento extintor de polvo que descarga al contacto con la superficie quemada. Su uso se ha probado con incendios domésticos en edificios altos, pero aún no se ha pasado a una mayor escala que pueda valer para los grandes incendios forestales [36].

- ERIS

ERIS es una solución de prevención y supresión contra incendios forestales que proviene de Canadá. Su funcionamiento se basa en el uso de conductos, bombas, y mangueras para

descargar agua que llega a grandes alturas y distancias relativamente lejanas. Su uso es limitado, pues necesita de fuentes de energía y agua constantes en el punto donde esté instalada, y por el momento sólo ha sido contratada por algunos agentes privados [37].

- Explosivos

En varios momentos de la historia se han utilizado explosivos en la lucha contra incendios. Especialmente efectivos en los grandes e intensos incendios industriales, de refinerías o minas de carbón y gas, los explosivos son capaces de cortar la reacción de combustión gracias a su onda de choque de presión sin utilizar fluidos. Se ha experimentado con bombas antiguas, modernas, e incluso con bombas nucleares en el pasado siglo. Sin embargo, su uso es peligroso y mucho más caro que las soluciones especializadas en incendios. Se han intentado fabricar bombas especializadas, aunque su eficiencia técnica y económica no está clara [38].

- Inteligencia artificial, drones y robótica

Las tendencias generales de la tecnología actual también han afectado al sector de la supresión de incendios forestales, y existen multitud de agentes que vaticinan que la mayor innovación en la lucha contra los incendios vendrá de la mano de una combinación de inteligencia artificial, análisis de datos, y robótica. Existen proyectos que ya han puesto en marcha estas iniciativas, especialmente en el ámbito de la robótica con vehículos no tripulados terrestres y drones de vigilancia y monitoreo [39]. Estas soluciones hacen uso de la tecnología tradicional, manteniendo sus ventajas y también sus inconvenientes, aunque quitando al agente humano del peligro de realizar estas tareas.

3.3. El sector en España

Como se verá posteriormente, es importante conocer el entorno que es el punto de partida del proyecto de *Sandgrouse*, que es el territorio de España. Un conocimiento detallado y profundo de todos los agentes, dinámicas de este territorio, y su administración son cruciales para una buena aproximación hacia la ejecución de este proyecto.

La incidencia de los incendios forestales en España ha venido a disminuir paulatinamente desde los años noventa. Tanto la cantidad de hectáreas quemadas como el número de incendios llevan más de una década reduciéndose después de una marcada mala etapa a finales de los años ochenta y principios de los noventa. Esta subida y posterior descenso de la incidencia entre los años 1970 y 2010 es debida, primero, a un aumento de la industrialización y urbanización en España, lo que provocó un rápido aumento del número de incendios, seguida de una respuesta progresiva por parte de la administración para suprimir estos efectos que se estaban dando en todo el mundo desarrollado [40]. En la época actual encontramos el comienzo de otra posible escalada en las cifras de los incendios debido al problema del cambio climático.

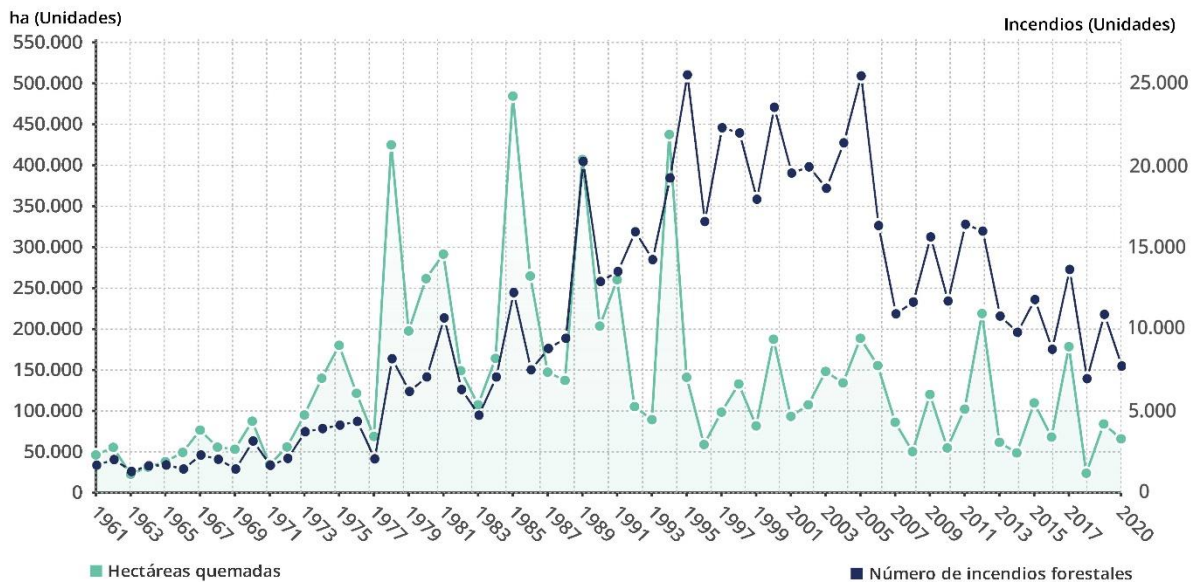


Gráfico 2. Hectáreas quemadas y número de incendios forestales en España desde 1961 [41]

Las hectáreas quemadas en España se han estabilizado en los últimos años alrededor de la cifra de 100.000 ha por año. El empeoramiento de las temporadas de incendios debido al cambio climático han hecho que, aunque la administración haya hecho un fuerte despliegue de medios de lucha y prevención contra los incendios, los niveles sigan siendo superiores a los de los años sesenta y anteriores, que oscilaban en torno a las 50.000 ha anuales. El número de igniciones también se mantiene en un nivel superior al previo a la industrialización, pero disminuye poco a poco gracias a las campañas nacionales de prevención y concienciación.

Más del 55% de los incendios en España tienen un origen intencionado. La motivación detrás de estas intenciones comprende la revalorización de suelos, la modificación del acotamiento de la caza, ahuyentar animales salvajes, la manipulación de la economía de la madera, el rechazo a la imposición de parques protegidos, venganzas personales, vandalismo o la piromanía. Las demás causas no desconocidas de incendios son principalmente debidas a negligencias humanas no intencionales y fenómenos naturales como los rayos [41]. En total, casi el 95% de los incendios son antropogénicos en España.

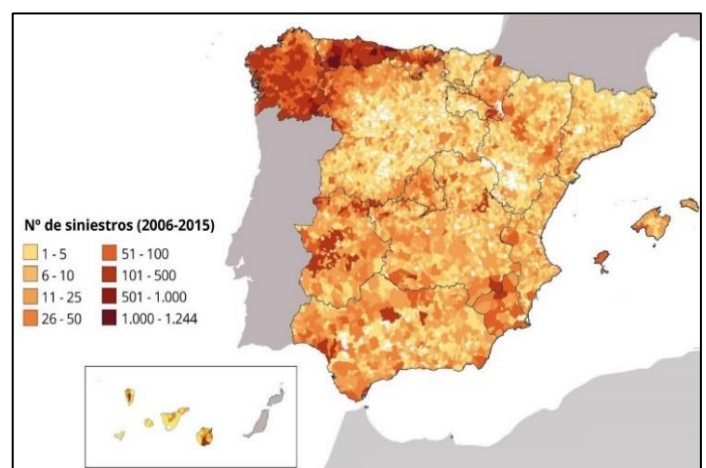


Figura 16. Número de incendios en España [41]

España es el país europeo con más variedad de biomas y hábitats naturales. Por esta razón, la incidencia del fuego está repartida de forma heterogénea en su territorio. Las Comunidades

Autónomas (CCAA) más afectadas por los incendios forestales son las que se encuentran en el noroeste del territorio, en la denominada cornisa cantábrica, superando ampliamente a las demás en número de igniciones, debido a su densidad de bosques atlánticos que ofrecen una cantidad ingente de combustible en las temporadas secas. El reparto de masa vegetal en la península ibérica es desigual, pero está presente en todas las CCAA. Siendo España es el país mediterráneo y europeo más propenso a los incendios, todas las CCAA están sujetas a un régimen de incendios alto pese a estar desigualmente pobladas de masa vegetal [40].

España es también el país europeo más propenso a la desertificación [42], y uno de los que más expuesto está a los efectos adversos del cambio climático. Pese a que la tendencia general del régimen de incendios ha sido positiva en los últimos años, existen indicadores que señalan un camino hacia el empeoramiento de las condiciones en el futuro cercano. Al igual que ocurre en otros países del mundo, las temporadas de incendios son cada vez más largas en España, empezando antes y acabando después de las fechas que usualmente las delimitaban. Además, las recientes temporadas de verano han marcado cifras históricas en máximos de temperatura y mínimos de humedad, factores sensibles al cambio climático que aumentan severamente el riesgo de igniciones y facilitan los megaincendios a lo largo de una temporada de incendios cada vez más larga [43]. Estos problemas desafían la capacidad de supresión actual, especialmente en el caso de los megaincendios, los cuales actualmente ya superan a los medios necesarios para su supresión y causan mucho más daño del que se considera aceptable para la administración española [44].

Las pérdidas económicas provocadas por los incendios forestales en España rondan anualmente la cifra de 500 millones de euros [45]. Teniendo en cuenta los efectos indirectos de los incendios, como el daño a largo plazo en la salud pública o el deterioro de la tierra y el agua, los daños económicos ascienden hasta los más de mil millones de euros en los años más severos. Para combatir los daños económicos y humanos, la administración española despliega actualmente toda una serie de dispositivos, agencias y grupos que se dedican coordinadamente a la supresión de incendios forestales.

El trabajo de la extinción de incendios está organizado en España de forma que las CCAA tienen la responsabilidad de extinguir los incendios forestales que se den en sus territorios utilizando medios propios. Las CCAA tienen la libertad de adjudicar esta tarea bien a sus Cuerpos Autonómicos de Bomberos o bien a sus Servicios Forestales, y no hay un patrón generalizado entre ellas [46]. Estos cuerpos comprenden de medios terrestres adaptados a terrenos montañosos, y son los primeros en actuar y los responsables directos en la gestión de las tareas de supresión. A modo de refuerzo para los cuerpos autonómicos, existen toda una variedad de servicios estatales adscritos al Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico (MITECO). El Comité de Lucha contra Incendios Forestales (CLIF) es un órgano técnico en el cual colaboran tanto las CCAA como el MITECO para, entre otras cosas, coordinar las tareas de extinción entre todos los equipos participantes. Por otra parte, el Centro

de Coordinación de la Información Nacional sobre Incendios Forestales (CCINIF) es un órgano estatal que pone al servicio de cualquier administración pública toda la información relativa a incendios forestales, incluyendo la evolución diaria de los incendios en curso. Las fuerzas asociadas al MITECO que participan directamente en los incendios forestales son la Brigadas de Refuerzo en Incendios Forestales (BRIF), que se dedican a labores de extinción por tierra — aunque son helitransportadas—, y las Unidades Móviles de Análisis y Planificación (UMAP) junto con los Equipos de Planificación y Análisis de Incendios Forestales (EPAIF), gestionando estos dos últimos cuerpos la recogida, el análisis y la comunicación de la información de incendios en tiempo real desde posiciones cercanas a ellos. Por último existen medios aéreos contratados a empresas privadas desde el MITECO, como aviones de descarga media y ligera, helicópteros de transporte y bombarderos, y aeronaves de observación [47]. Los recursos españoles más potentes contra los incendios forestales se encuentran adjuntos al Ministerio de Defensa (MINISDEF), que actúa junto al MITECO en una colaboración especial para proporcionar ayuda por tierra mediante la Unidad Militar de Emergencias (UME), adscrita a las Fuerzas Armadas, y por aire mediante el 43 Grupo del Ejército del Aire, que maneja todos los aviones de descarga pesada en España [48].

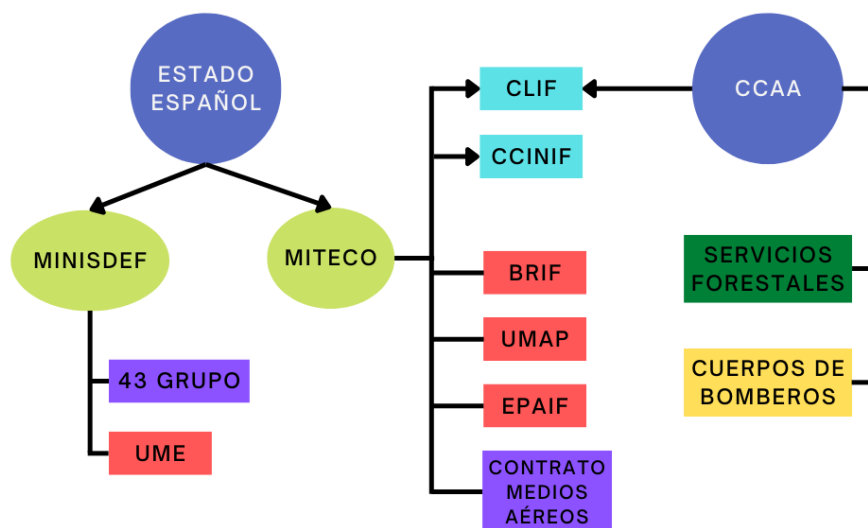


Figura 17. Organización contra los incendios forestales en España

De esta manera, la administración española concentra todos sus medios aéreos en sus órganos estatales, teniendo propiedad directa de las aeronaves del 43 Grupo del MINISDEF, y contratando a empresas privadas otras aeronaves de menor capacidad desde el MITECO. Los presupuestos proyectados por la administración española dedicados a las aeronaves de descarga —de mucho interés para el proyecto de *Sandgrouse*— son de unos 25 millones de euros anuales para el 43 grupo del MINISDEF [49], y de un total estimado de 36.5 millones de euros anuales a las empresas privadas contratadas por el MITECO [50], de entre las cuales participan Avialsa, FAASA, o Martínez Ridao, contratadas mediante concursos públicos. Cabe destacar que varias de estas empresas privadas han sido imputadas en importantes casos judiciales por delitos de

malversación, amaño de concurso, prevaricación, asociación ilícita y otras actividades delictivas desde 1999, y que actualmente siguen en procesos judiciales conducidos por la Audiencia Nacional [51]. En total son 61 las aeronaves dedicadas a la extinción de incendios forestales en España. Son gestionadas por organismos estatales que determinan su localización, reparto, temporada de actividad, y presupuesto [47], que en suma alcanza la cifra de unos 62 millones de euros por año de operación, con expectativas de crecer en los próximos años.

IV. VISIÓN TEÓRICA

Acompañando a la información sobre el estado del sector y las descripciones técnicas del proyecto, es necesario incluir una buena descripción de todo su desarrollo futuro. La parte teórica de este desarrollo futuro, o visión teórica, consiste en describir los procesos que tienen que ver con los estudios, tendencias, hipótesis, y realidades especulativas del campo en el que se mueve el proyecto de *Sandgrouse*, el cual es mayor que él y lo envuelve completamente. Este campo es el de la evolución de la tecnología y la innovación tecnológica en el mundo globalizado actual.

4.1. Sustitución tecnológica

Dado que *Sandgrouse* ofrece una solución tecnológica innovadora, su objetivo es sustituir total o parcialmente a las tecnologías actuales, las cuales son menos efectivas, menos económicas y, en definitiva, menos preferibles. Este proceso de sustitución tecnológica lleva dándose continuamente durante la historia, y existen multitud de estudios que lo han investigado y que son capaces de proyectar su funcionamiento en un mundo tan cambiante como el actual. La historia de la tecnología ha expuesto durante su curso cómo las innovaciones van sustituyéndose unas a otras repitiendo los mismos patrones de forma cíclica. Estos patrones incluyen parámetros de adopción, ritmos de diferentes tipos de innovación dentro de la tecnología, niveles de prestaciones, o de precio y valor [52].

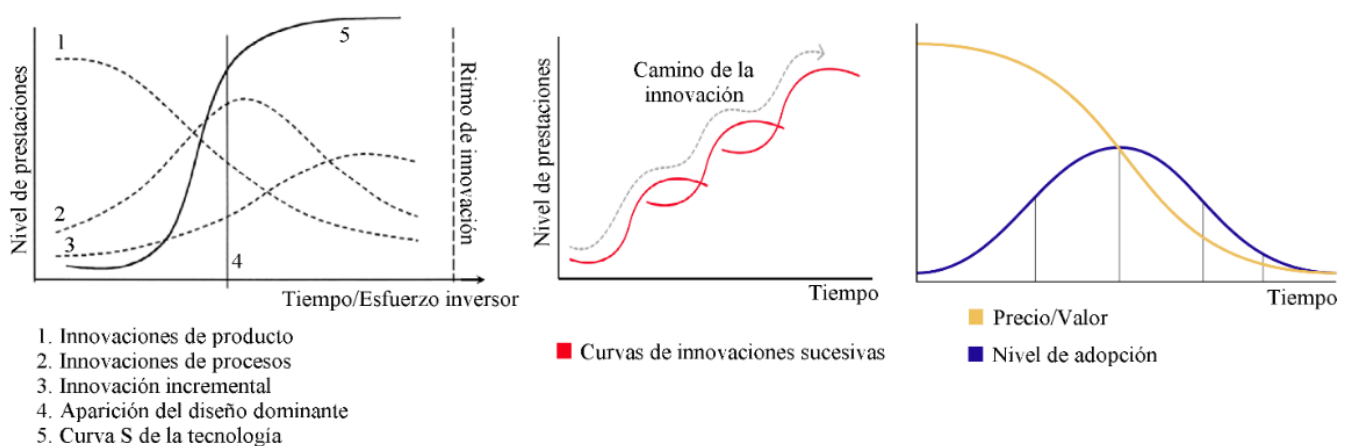


Figura 18. Ciclos y patrones en la vida de una innovación exitosa [52]

Estos ciclos consiguen ilustrar en detalle el comportamiento de las innovaciones tecnológicas que han conseguido llegar al éxito, de forma que, en general, éstas coexisten con las tecnologías anteriores hasta llegar a sustituirlas completamente, para de nuevo ser amenazadas por una nueva innovación que acabará por expulsarlas también a ellas. De esta manera va repitiéndose el ciclo en una trayectoria de aumento constante en las prestaciones que nos ofrecen las tecnologías. Sin embargo, los casos de fracaso en el intento de una sustitución tecnológica están fuera de estos patrones, y el camino hacia la victoria, la derrota, o el empate en la lucha por el

dominio del terreno tecnológico contiene una realidad más amplia, que puede verse desde muchas perspectivas teóricas más o menos generalizadas y aceptadas por la comunidad investigadora.

Un punto de vista conveniente para este proyecto es el que propone tres tipos diferentes de sustitución tecnológica, siendo la sustitución por función, por producto, o por activo [53]. El primer tipo se da cuando un producto innovador supera en ciertas prestaciones o funciones al producto antiguo, aunque no en todas, y se da una relación de coexistencia complementaria entre ambos productos. El segundo tipo, de sustitución por producto, es cuando la sustitución se realiza completamente y mediante una innovación que ha sido fruto de las capacidades tradicionales de I+D e infraestructura. El tercer tipo de sustitución por activos es aquel en el que la sustitución también es completa, pero que se da por un camino donde las capacidades técnicas tradicionales también quedan atrás, superadas por otras más modernas. En el caso de *Sandgrouse*, estamos ante un escenario donde podría ocurrir la sustitución por función o por producto, y nunca por activo, pues la tecnología innovadora que propone simplemente hace un nuevo uso de elementos técnicos plenamente presentes y consolidados en la industria actual. Conocer cuál de estos dos caminos de sustitución será el que tome *Sandgrouse* está ligado a las teorías que diferencian entre innovaciones que realzan e innovaciones que destruyen [54], correspondiendo cada una a la sustitución por función y a la sustitución por producto. Para ello hay que tener en cuenta multitud de parámetros y agentes involucrados en esta carrera por la superioridad, que determinarán el tipo de sustitución y el grado de éxito o de fracaso en esta.

Cuando la innovación se introduce por una empresa pequeña, se ha podido concluir que el éxito está ligado sus capacidades para desenvolverse en el ecosistema que la rodea y, sobre todo, para manejar la competencia con las tecnologías anteriores [55]. En esta competición es habitual que los casos de éxito hayan pasado por una etapa donde se coexistía con las antiguas tecnologías, e incluso se cooperaba con ellas. De esta forma la sustitución se daba de una forma muy gradual, dejando que el mercado se adaptase naturalmente a la disrupción emergente sin forzar una entrada prematura que desaprovecharía las inversiones iniciales. También es común que, cuando una empresa pequeña introduce una innovación con potencial de éxito, son las grandes compañías las que acaban apropiándose de su mercado, superando a las pequeñas empresas en medios, infraestructura, y conocimiento [56], algo que se deberá tener en cuenta en la estrategia de este proyecto.

La sustitución tecnológica está marcada por la lucha entre los que quieren sacar el máximo provecho a la antigua tecnología, prolongando todo lo posible su vida en el mercado, y los que quieren beneficiarse de la nueva tecnología emergente. Esta lucha puede estar determinada por el momento del ciclo de vida de la antigua tecnología en el que aparece la tecnología innovadora [57], siendo más fácil la sustitución cuando la antigua tecnología ha llegado a su máximo desarrollo y apenas introduce innovaciones intrínsecas. También se ha podido comprobar cómo las empresas tradicionales bien establecidas han infravalorado a las pequeñas empresas

innovadoras, o bien han sobrevalorado su propio poder en el mercado y no han hecho los esfuerzos necesarios para compensar la amenaza de las pequeñas empresas, que traían prometedoras innovaciones y que han acabado por ganarles mucho terreno, convertirse en feroces competidores, o eliminarlas completamente del mercado [55]. En el caso del sector de la supresión de incendios forestales, podemos decir que la tecnología imperante lleva en un estado casi estático durante los últimos 40 o 50 años. Las técnicas y vehículos apenas han introducido algunas mejoras de carga y rapidez, y la búsqueda de innovación se encuentra actualmente en el *Big Data* y la inteligencia artificial para la monitorización y seguimiento de incendios, sin dar una solución a los problemas técnicos de eficiencia de los medios actuales. Además, las empresas que ocupan el sector —por lo menos en España— apenas sufren los efectos de la competencia y la lucha por la cuota de mercado, y una innovación disruptiva competente podría amenazar seriamente su hegemonía.

En la competencia por el mercado contra las grandes empresas establecidas es importante manejar correctamente las relaciones de coexistencia con ellas, y también con otras empresas y entidades que puedan servir como aliadas [58]. Cuando es una innovación lo que pretende hacerse con el liderazgo del mercado, es fundamental que con ella evolucione también la industria complementaria necesaria para que ésta pueda desarrollarse completamente [54]. Un ejemplo de ello son los coches eléctricos y su industria complementaria de extracción del mineral de Litio para baterías. Este no es exactamente el caso de *Sandgrouse*, pues la industria complementaria que necesita no exige de nuevos procesos, refinado de nuevos materiales, ni creación de nuevos productos para acompañar el crecimiento del proyecto, gracias a que sus necesidades materiales ya se pueden ver cubiertas por la industria actual. Aun así, son esenciales las relaciones estrechas de cooperación con otras entidades, industriales o no, que apoyen a la innovación emergente y creen una red empresarial fuerte frente a la competencia [59]. Para *Sandgrouse* será esencial tener una buena relación con las empresas también contratadas por las administraciones del Estado involucradas en los incendios forestales, como lo son las de consultoría ambiental, gestión de incendios, u otros servicios de supresión, así como con sus redes de proveedores industriales, servicios de logística y otras empresas subcontratadas. La confianza, el apoyo mutuo y la cooperación entre todas las empresas circundantes a *Sandgrouse* harán que se conforme una red empresarial grande y sólida que guiará al proyecto hacia una sustitución tecnológica exitosa.

Otras observaciones han llegado a la conclusión de que existen factores adicionales que también participan en el éxito de una innovación. La solidez financiera, la capacidad logística, y el apoyo institucional son algunos de los más relevantes, y sin ellos el camino hacia la sustitución puede hacerse muy difícil, o directamente imposible [60]. Para *Sandgrouse* será sin duda importante poder sostenerse financieramente, sobre todo en sus primeros momentos hasta conseguir los primeros contratos [Anexo 1]. Como la capacidad logística es intrínseca al desempeño del proyecto, es necesario y natural cumplir con este requisito tanto en sus inicios en España como durante su posible expansión fuera de ella. Por último, el apoyo institucional también forma

parte del funcionamiento interno de *Sandgrouse*. Las instituciones, entidades, y organismos cuyo apoyo es de interés forman parte de un ecosistema bastante bien interconectado en el que un contrato con la institución más importante —el Estado— allanaría enormemente el camino para introducirse en el microcosmos de este sector. Antes de conseguir los primeros contratos también será de mucha importancia establecer buenas relaciones con agentes del ecosistema, que ayudarán precisamente a conseguir estos primeros contratos con los gobiernos.

Existe otro factor muy importante a la hora de llevar a cabo una sustitución en el mercado: por muy superior que pueda ser una tecnología innovadora, el mercado no la adoptará si no se da el fenómeno de la aceptación ni se cumple con el requisito de la usabilidad [61]. Se han podido estudiar muchos casos en los que una innovación tecnológica se ha visto retrasada o perjudicada por tener una mala imagen en el mercado, o por no tenerla en absoluto. La conclusión de estos estudios viene a decir que el cliente potencial de una innovación no sólo mira en sus características técnicas, sino que pone mucho peso e importancia en el hecho de si esa innovación está siendo consumida y aceptada por otros. En cuanto a la usabilidad, es común que en los primeros pasos de una innovación no se ponga el foco en la comodidad, la adaptación, o la transición del usuario desde la vieja tecnología a la nueva. Por ello es importante que *Sandgrouse* tenga en cuenta estos factores en su desarrollo, cuidando el valor percibido que proyecta hacia sus clientes y facilitando todo lo posible el encaje de su producto con los elementos que conforman el panorama actual de su sector.

4.2. Patentado

Una cuestión principal en el desarrollo de cualquier innovación es la exclusividad de producción y venta. Mediante el secreto industrial, la homologación exclusiva, o el patentado es posible mantener un monopolio de estas actividades para el agente innovador, retribuyéndole así por los productos de invención propia. Sin embargo, hacer esfuerzos por levantar este monopolio no siempre merece la pena: es posible que el secreto industrial sea fácilmente desvelable, que la homologación exclusiva sea imposible, o que el patentado sea insuficiente para evitar reproducciones más o menos equivalentes a la innovación. Por otra parte, en un campo de tal relevancia como en el que se maneja *Sandgrouse*, donde está en juego el cambio climático, propiedades públicas y privadas, y la salud y las vidas de muchas personas, no hay que ignorar el hecho de que buscar un monopolio para una innovación es también limitar sus efectos benignos. Esto es resumido por uno de los mayores innovadores de la historia, Benjamin Franklin: “Así como disfrutamos de las grandes ventajas de las invenciones de otros, deberíamos estar contentos de tener la oportunidad de servir a otros por cualquier invención nuestra; y esto debemos hacerlo libre y generosamente” [62].

Intentando mantener un equilibrio entre la retribución por la invención propia y la preservación del efecto benigno de esta invención, se emitirá la patente para este diseño desde la empresa constituida por el proyecto, aunque su licencia y derechos de uso no serán de difícil concesión

para los agentes externos que puedan hacer un buen uso de ella cuando *Sandgrouse* no pueda hacerlo de una forma igual o mejor que ellos. Se explorará dependiendo del desarrollo del proyecto, como se verá en la Visión Práctica, el uso concreto de esta patente.

V. VISION PRÁCTICA

5.1.Oferta y cálculo de demanda

Desde los datos obtenidos en el estudio del sector se puede calcular la demanda que tendrá la solución de *Sandgrouse* una vez presente su oferta de forma sólida. El auge de los megaincendios debido al cambio climático y la tendencia constante de aumento en los presupuestos dirigidos a la lucha contra los incendios indican que existe un mercado de un tamaño considerable, que está en aumento, y que además está en una situación de estancamiento donde la competencia es muy débil y la innovación tecnológica lleva décadas sin ofrecer cambios sustanciales.

Los países considerados en el estudio del sector, que son los más representativos y principales para conseguir una visión global, suman una inversión total de unos 87 mil millones de dólares anuales dirigidos a la lucha contra los incendios forestales [*Gráfico 1*]. Si alrededor de un 20% de esta inversión está dirigida a las aeronaves de descarga [50], existe un mercado global en el que se invierte un mínimo de 17 mil millones de dólares cada año. Esto empuja a *Sandgrouse* a aspirar a un mercado internacional ya que su solución no necesita adaptaciones —más que las burocráticas— para funcionar en una u otra nación del mundo. La oferta de este proyecto será capaz de sostenerse económicamente incluso cuando la sustitución tecnológica en el mercado sea parcial, como se verá en la proyección financiera, y gracias a una buena estrategia será posible la escalada desde los primeros prototipos hasta este grande y creciente mercado internacional.

5.2.Estrategia de desarrollo

Para reforzar las posibilidades de éxito del proyecto de *Sandgrouse* es necesario conformar una buena estrategia proyectada hacia el futuro. Aunque el futuro es siempre impredecible y esta estrategia puede verse torcida en cualquier momento, siempre es bueno trazar un plan general donde las facultades del proyecto puedan ir desplegándose de forma realista y plausible, y así conocer las limitaciones del proyecto en su desarrollo, la secuencia de sus operaciones sucesivas, o sus necesidades en cada momento. Todo este análisis y proyección servirá para adquirir un conocimiento que ayudará, incluso en escenarios imprevistos, a saber cómo progresar.

El desarrollo del proyecto se ha dividido en cuatro fases generales, desde el comienzo más sencillo hasta la expansión internacional. Las primeras fases están tratadas con más detalle ya que son más cercanas en el tiempo y menos impredecibles, mientras las fases tardías, más inciertas, tienen una proyección menos minuciosa.

5.2.1. Fase 1: Prototipaje y *startup*

Esta primera fase del proyecto tiene como objetivo ser la lanzadera para la primera inversión externa y el primer contrato. Antes de constituir empresa y seguir adelante con las fases del proyecto, es necesario validar la idea y comprobar su correcto funcionamiento, algo ya hecho en este trabajo, que puede considerarse parte de la primera fase del proyecto de *Sandgrouse*. Es absolutamente crucial subrayar la efectividad de la solución y mostrar su necesidad y demanda para hacer que el proyecto sea atractivo hacia inversiones exteriores. Para ello será necesario construir prototipos funcionales y grabar con claridad la ejecución de su funcionamiento, para utilizar esos documentos como pruebas demostrativas de su eficacia. También habrá que redactar informes y confeccionar presentaciones con el objeto de mostrar la demanda de la solución, la estrategia de desarrollo y, en definitiva, que el proyecto es en conjunto competente. La validación y el consejo por parte de expertos de varios campos a la vista de este estado preparatorio del proyecto será también un paso importante para confirmar el avance hacia el siguiente paso. Una vez hecho esto es conveniente constituir la empresa para mostrar la seriedad del avance del proyecto, continuando con la inversión inicial. En este momento el equipo que gestiona *Sandgrouse* está conformado por no más de 3 o 4 personas —los fundadores— cuyos perfiles tendrán que ser a su vez compatibles con la gestión interna del proyecto y atractivos para su imagen externa.



Figura 19. Logotipo de la empresa constituida

En este punto es necesario contar con una inversión externa para poder avanzar. Una opción muy oportuna es la de contar desde un primer momento con el acompañamiento del Estado para ir estableciendo una buena relación con este principal cliente. Para ello se postulará a diferentes subvenciones públicas, concursos y conferencias con opción a inversión:

- Horizon Europe: European Innovation Council (EIC Accelerator)
- CDTI: Eurostars Internacional (CIIP) / Misiones Ciencia e Innovación / Neotec
- Generalitat de Catalunya y ACCIÓ: Startup Capital / Innotec
- Estrategia “España Nación Emprendedora”
- Comunidad de Madrid: Cheques CAM / RIS-3

La prioridad del proyecto es conservar la máxima libertad de acción y gestión, aunque si es necesario el proyecto podrá estar abierto a inversiones de *business angels* u otros fondos, siempre que no supongan una invasión excesiva en estas libertades. La participación o *equity* de los fundadores se mantendrá, a ser posible, no por debajo del 60-80% durante las primeras

inversiones (sobre un 20% por cada fundador) para mantener, como se ha dicho, la libertad de acción sobre el desenvolvimiento del proyecto. Esta primera inversión o inversiones, al superar o igualar la cifra de 200.000 € [Anexo 1], permitirá comenzar una actividad más intensiva para el avance del proyecto. El equipo podrá dedicarse a tiempo completo a construir prototipos mayores, establecer relaciones con proveedores, trazar planes concretos sobre el despliegue de la solución, seguir estableciendo contactos y referencias en el sector, y preparando todo el terreno para establecer el primer contrato formal. Sería el momento de emitir la solicitud de patente y abrirse a la ayuda de organismos de apoyo a *startups*, como aceleradoras o incubadoras. Todos los esfuerzos deben orientarse a construir una imagen confiable, seria y atractiva del proyecto; que de prestigio, renombre, y que incluso se presente como una ventaja política para los administradores españoles regentes, que proveerán del primer contrato con el que *Sandgrouse* dará el salto a la práctica.

5.2.2. Fase 2: Primer contrato experimental

Hasta este punto todos los pasos que se han seguido son necesarios para el despegue del proyecto. A partir de aquí, donde va creciendo la incertidumbre, se va a dividir el desarrollo del proyecto en dos vías con el objetivo de abarcar una casuística más grande. La primera es el desarrollo óptimo, que sigue una estrategia donde todos los factores externos son favorables para el proyecto, y la segunda el desarrollo subóptimo, que expone esta estrategia en un entorno menos favorable e ideal.

- Desarrollo óptimo:

El primer contrato con la administración, en régimen de prueba experimental en un territorio definido y con una duración limitada, llega con una transferencia de no menos de 9,850,000 € por parte del Estado. Gracias a esta validación por parte del principal cliente se buscará optar a nuevas rondas de inversión de origen privado, llegando esta segunda ronda a sumar 500,000 €, sin disolver la *equity* de los fundadores a menos del 40-60% (manteniendo sobre el 10-15% para cada fundador). La segunda ronda de inversión y el contrato del Estado pueden ligarse por mediación de *Sandgrouse* de forma condicional, de manera en que los inversores estarán dispuestos a invertir si se da el contrato del Estado, y el Estado contratará con más seguridad si se le asegura que habrá una inversión privada subsiguiente a éste. De esta forma, ambas inversiones se reforzarán mutuamente y dando un mejor resultado para *Sandgrouse*. El principal objetivo de estas inversiones será la adquisición y adaptación de la primera aeronave propia de *Sandgrouse*, que le dará independencia de operación, buena imagen externa, y una gran oportunidad para demostrar el despliegue completo de su solución. Se procederá a la manufactura de los primeros lotes de cofres y el establecimiento de las estaciones operativas en el territorio designado. La plantilla crecerá y el gasto aumentará notablemente, pudiendo ser posible la petición de un préstamo bancario para la cobertura de gastos en este primer periodo [Anexo 1].

Los esfuerzos estarán dirigidos a realizar un buen desempeño general de la empresa, validando aún más su imagen. Se aprovechará todo su ejercicio para recolectar información y utilizarla en su perfeccionamiento, especialmente en el campo técnico, donde se estudiarán detalladamente las oportunidades de mejora en el diseño para cumplir con los requerimientos técnicos de forma aún más eficiente.

- Desarrollo subóptimo:

En el caso de que la cifra concedida por el Estado no llegue a la antes expuesta, no se consiga una segunda ronda de inversión, o la suma de ambas transferencias no sea la suficiente como para la adquisición sostenible de una aeronave propia, se pospondrá esta compra y se pasará directamente al aprovechamiento de aeronaves de carga como medio de la solución. Se propondrá un contrato de uso temporal coordinado con el MINISDEF, el MITECO, u otra entidad propietaria de este tipo de aeronaves, que las concederá según su disponibilidad y organización. Por otra parte, el despliegue, perfeccionamiento, producción de cofres y construcción de bases operativas seguirá el mismo desarrollo que en el caso óptimo, adaptándose a las capacidades económicas de la empresa.

5.2.3. Fase 3: Expansión nacional, crecimiento, y perfeccionamiento

- Desarrollo óptimo

Finalizado el primer contrato experimental y demostrada la capacidad y competencia de la solución, es el momento de seguir estrechando lazos con la administración española y plantear una relación empresarial a largo plazo. También será importante optimizar las transacciones con los proveedores y buscar la eficiencia en todos los procesos, continuando así con el trabajo de perfeccionamiento. *Sandgrouse* será independiente económicamente, sólo abasteciéndose de la administración española para acumular activos, ahorrar capital, e ir expandiéndose en presencia y en espacio por el territorio nacional. La sustitución tecnológica habrá empezado, y las inversiones públicas dedicadas a la lucha contra los incendios forestales se irán desplazando poco a poco hacia *Sandgrouse*. Habrá que manejar bien las relaciones con las otras empresas del sector para coordinarse en el trabajo, ayudarse mutuamente, y también competir por el dominio técnico. *Sandgrouse* irá acumulando capital y activos, extendiendo su red de estaciones operativas, aumentando su plantilla, y adquiriendo hasta dos aeronaves más gracias a sus beneficios temporada tras temporada.

- Desarrollo subóptimo

La competencia con las empresas establecidas en el sector en España pueden hacer difícil y lenta la introducción de las innovaciones de *Sandgrouse*, por lo que el desarrollo en el territorio nacional puede tomar demasiado tiempo para las intenciones de crecimiento del proyecto. Esto

puede adelantar la llegada de las actividades de la siguiente fase antes de la implantación total en España, que es la salida de *Sandgrouse* al extranjero. Se estudiará el panorama en los distintos países candidatos y se trazará un plan de desarrollo adaptado a cada uno de ellos antes de plantearles un primer contrato de prueba, avalado ya por la experiencia del ejercicio en España. También se comenzará a dar licencia de uso a la patente fuera de España, negociando estratégicamente las licencias con actores externos sin interferir con los objetivos de *Sandgrouse* en el futuro.

5.2.4. Fase 4: Expansión internacional

- Desarrollo óptimo

Sandgrouse ha adquirido en este punto prestigio y fama internacional gracias a los años de éxito y crecimiento en España. Motivado por la demanda mundial de soluciones, la innovación comienza a salir de su país de origen para introducirse en otros entornos de alto rendimiento económico, como Norteamérica, Australia, o los demás países del sur de Europa. Se comprobará la apetencia por la solución de *Sandgrouse* en estos países y, antes de conceder la licencia de uso a otros actores en el extranjero, será *Sandgrouse* quien intervenga para instalarse en dichos territorios rápidamente. En este estado de expansión explosiva puede estudiarse la llegada de más inversión privada. El conocimiento adquirido durante los primeros años permitirá abaratar los costes generales de la solución, y el buen estado económico de la empresa le hará poder abrirse a clientes de menor retorno financiero como los países de Sudamérica, Rusia, África, o Canadá. También se busca la integración vertical de la empresa con las industrias que le dan servicios y provisiones para abaratar costes y aumentar el control sobre todos los procesos. El perfeccionamiento técnico de la solución sigue para ofrecer una solución cada vez más eficiente, rápida, adaptable, y precisa. La sustitución tecnológica se ha desarrollado por completo en el sector de las aeronaves de supresión de incendios, y en un periodo de 10 a 20 años la solución de *Sandgrouse* se ha extendido por todo el mundo, bien por el uso de licencias, el uso libre tras la expiración de la patente, o el ejercicio mismo de la empresa *Sandgrouse*.

- Desarrollo subóptimo

Ante la incapacidad material y económica para realizar el gran esfuerzo que es expandirse internacionalmente en poco tiempo, *Sandgrouse* comienza a seleccionar unos pocos objetivos estratégicos en el extranjero como clientes propios, concediendo también licencias de uso con cierta facilidad. La solución se extiende por todo el mundo lentamente a causa de la resistencia ofrecida por las viejas empresas, aunque también se coopera con ellas concediéndolas también licencias de uso. *Sandgrouse* mantiene una estrategia conservadora cuidando a los clientes presentes sin arriesgar demasiado en expandirse, concentrándose en un buen rendimiento y formando relaciones con los clientes fiables y de confianza. La sustitución tecnológica toma

mucho tiempo en darse, aunque acaba llegando, quedando *Sandgrouse* como una empresa más de las que hacen uso de esta solución.

5.2.5. Proyección financiera

Al igual que con el desarrollo del proyecto, la proyección financiera se ha dividido en dos caminos: el óptimo y el subóptimo. Las cifras y el desglose de gastos e ingresos son orientativos, aunque se mantienen siempre dentro de un margen realista. Se han añadido gastos generales en el desglose de cifras que simplifican todas las actividades complementarias del proyecto, como la recogida de cofres, los sistemas de medición y cálculo de trayectoria de éstos, o la investigación en innovación y mejora de la solución. La duración de cada fase se ha estimado también en términos realistas, aunque podrían darse retrasos o anticipaciones en ellas dependiendo de los imprevistos durante el desarrollo. Ambos caminos muestran la rentabilidad de la empresa *Sandgrouse*, que tiene EBITDA positivo durante la tercera fase y en adelante. Todo el desglose de datos y fuentes para el cálculo puede encontrarse en el *Anexo 1*.

- Desarrollo óptimo

	FASE 1 (1-2 años)	FASE 2 (1 año)	FASE 3 (3 años)	FASE 4 (6 años)
ROS	-	-7.18%	52.94%	41.66%
ROE	-173.38%	-11.13%	66.39%	54.55%
ROA	-43.07%	-18.21%	48.14%	26.07%
Margen bruto	-	-3.43%	58.55%	51.30%
Margen neto	-	-17.30%	38.76%	21.00%
EBITDA	-138,200 €	-718,405 €	28,108,495 €	171,215,000 €
Resultado	-139,525 €	-1,730,213 €	20,581,680 €	86,319,018 €

Tabla 1. Resultados y ratios del proyecto en desarrollo óptimo

Gracias a los primeros contratos y la confianza que se va ganando en *Sandgrouse*, los resultados comienzan a ser positivos en la Fase 3 tras los dos o tres primeros años de inversión inicial. El beneficio obtenido en esta fase ya es suficiente para cubrir la primera inversión, y comienza un aumento constante en los resultados reflejando la sustitución tecnológica que está teniendo lugar. Sin embargo, podemos ver un descenso en los márgenes y otros ratios en la Fase 4, debido a que el salto a la internacionalización ha requerido una gran inversión, de forma similar a lo que ocurre en la Fase 1 y 2. Estas inversiones son repercutidas principalmente en aeronaves especializadas, que durante los seis años de la Fase 4 toman grandes recursos para la adquisición de 16 unidades.

Dado que este es un proyecto que puede sobrevivir a partir de la Fase 2 sin apenas inversión externa existen ratios muy buenos de ROE, y gracias a los sucesivos contratos que va encadenando *Sandgrouse*, y la disminución progresiva de sus costes fijos, se pueden acumular mucho capital reflejado en el ROA y ROS, que se reinvierte en la propia empresa.

En la Fase 2 ha sido necesario pedir un préstamo bancario para conservar un mínimo margen de seguridad en la tesorería. Gracias a este préstamo se ha podido desarrollar la actividad normal

de la empresa conservando al final de esta fase 163,395 € en tesorería y terminando de pagar el préstamo en la Fase 3, cuando la empresa es mucho más solvente.

La valoración de la empresa alcanza los 100,000,000 € en el primer bienio de la Fase 4. Si se da la ocasión de la venta de la empresa habría que tener en cuenta el crecimiento de los beneficios en esa fase, que es del 420% del primer al tercer bienio, para vender la empresa en consideración de este ajuste. Sin embargo, no es claro si se querrá vender la empresa en ese punto o alguno anterior, por lo que esa cuestión queda abierta en el desarrollo.

- Desarrollo Subóptimo

	FASE 1 (1-2 años)	FASE 2 (1 año)	FASE 3 (3 años)	FASE 4 (6 años)
ROS	-	61.77%	20.54%	29.04%
ROE	-77.31%	70.22%	81.61%	63.04%
ROA	-62.29%	60.95%	14.48%	13.47%
Margen bruto	-	79.88%	36.12%	49.17%
Margen neto	-	61.29%	12.28%	9.11%
EBITDA	-138,200 €	1,235,400 €	3,862,300 €	57,215,000 €
Resultado	-139,525 €	1,225,875 €	2,308,069 €	17,939,968 €

Tabla 2. Resultados y ratios del proyecto en desarrollo subóptimo

El desarrollo subóptimo muestra cómo el ejercicio de la empresa ha estado más próximo al punto de equilibrio, aunque sigue dando resultados positivos. Gracias a la imposibilidad de adquirir una aeronave especializada los resultados son mejores en la Fase 2, aunque no escalan tanto en las fases 3 y 4. Esto deja a la empresa más margen de maniobra en los primeros años para centrarse en asegurar un crecimiento lento pero constante, por lo que no es necesaria la petición de ningún préstamo.

El ROE es de nuevo alto debido al escaso capital social comparado con los resultados, y los márgenes son algo menores, especialmente el margen neto de las fases 3 y 4. Este margen se ve mucho más reducido con respecto al margen bruto debido a la compra de aeronaves especializadas, cuya amortización está muy presente en las cuentas de *Sandgrouse*. El crecimiento de la empresa en este desarrollo es mucho más lento, y su misión general está más cercana a la supervivencia durante su ejercicio que a la gran rentabilidad económica.

La empresa disuelve sus participaciones de igual manera que en el desarrollo óptimo, aunque por un precio menor, lo que acaba dándole una valoración de la mitad al desarrollo óptimo en la Fase 4. La posibilidad de la venta puede ser más atractiva en este escenario si se conservan los derechos de las licencias, aunque de nuevo es una cuestión impredecible que queda abierta a las circunstancias reales del desarrollo futuro.

VI. CONCLUSIONES

El sector de la supresión aérea de incendios sufre en la actualidad problemas de estancamiento e incapacidad. Ante una demanda cada vez mayor debida al cambio climático, las soluciones actuales para el combate de incendios forestales se quedan atrás dejando expuestas al fuego las vidas, propiedades, y salud de millones de personas. Diferentes eventos han dado cuenta de ello, además de los que ya se han expuesto en este trabajo: Portugal sufrió un gran incendio en 2017, cuya intensidad superó por mucho las capacidades de supresión del país. En su ayuda acudieron Francia con dos hidroaviones, Italia con otros dos, Marruecos con uno más y España con dos helicópteros y cuatro hidroaviones. Pese a este gran despliegue técnico, los incendios se pudieron contener sólo cuando las condiciones climáticas se hicieron favorables [25]. En 2009 aconteció otro fracaso cuando se hizo uso por primera vez en España de un avión de descarga de muy alta capacidad. Un *Boeing Supertanker* cedido por la compañía *Evergreen*, el hidroavión con más capacidad del mundo, fracasó en suprimir el flanco de un incendio en la serranía de Cuenca cuando se le dio la oportunidad para ello porque el agua se evaporó antes de llegar a las llamas. Tras este fracaso se cesó toda la actividad de esta aeronave en España [63]. Sumado a estos fracasos puntuales, reflejo de la ineficacia de la tecnología actual, se suma la inseguridad de estas aeronaves, cuyo vuelo a baja altura por terrenos escarpados, vuelo cercano al humo y llamas de un incendio, y recarga de agua en movimiento son de un alto peligro. Sólo en el decenio de 2006 a 2015 hubo 10 accidentes aéreos que costaron la vida de 17 operarios de aeronaves de supresión, casi la mitad de todas las víctimas relacionadas con accidentes durante la supresión de incendios forestales en ese periodo [46].

Sandgrouse es un proyecto cuyo objetivo es avanzar tecnológicamente en el campo de la supresión de incendios forestales haciendo frente a los problemas técnicos con los que se ven limitadas las tecnologías actuales. Su diseño innovador propone al mismo tiempo una solución al problema de la evaporación y la dispersión, evita los peligros del vuelo bajo, aumenta la precisión de las descargas, y mantiene una alta cadencia en el trabajo, haciendo también uso de vehículos no especializados para su desempeño. La solución de *Sandgrouse* se ha podido validar por primera vez, en pequeña escala, mediante un prototipo construido como complemento a este trabajo. Para continuar con la validación en el terreno técnico será preciso construir prototipos mayores, hasta llegar a la escala de operaciones del desempeño real. También será necesario comprobar el funcionamiento con fuego, haciendo pruebas y experimentando con la solución en incendios controlados. En el campo económico la solución también se ofrece como más rentable y efectiva. Mientras que un hidroavión *Canadair*, el más usual en España y en el mundo, cuesta en torno a 35 millones de euros [64], un avión especializado de *Sandgrouse* puede costar en torno a 10,000,000 € en comprar y adaptar [Anexo 1], dando un rendimiento mucho mejor por menos cantidad de dinero invertido. Incluso incluyendo los costes de operación, la solución de *Sandgrouse* sigue resultando más económica que las actuales, ofreciendo una ventaja técnica por una cantidad igual o menor del precio usual.

De comenzarse su ejecución, *Sandgrouse* tendría por delante un largo camino hacia la conquista del éxito, con muchos obstáculos de por medio y la amenaza constante del fracaso. Sin embargo, de demostrarse por completo su potencial tecnológico, esta sencilla innovación podrá abrirse paso a fuerza de superioridad técnica y un buen desenvolvimiento empresarial hacia una nueva realidad en la supresión de los incendios forestales.

Bibliografía

- [1] Félix Rodríguez de la Fuente, *EL PLANETA AZUL, Episodio "Incendio en el bosque"*, RTVE 1969, <https://www.rtve.es/play/videos/el-planeta-azul/fauna-incendio-bosque/2399390/>.
- [2] Jennifer K. Balch et al., «Human-started wildfires expand the fire niche across the United States,» *PNAS*, 2016.
- [3] National Interagency Fire Center, «Total Wildland Fires and Acres (1983-2020),» 2020.
- [4] Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, «Número de incendios forestales en España entre 1961 y 2019,» 2020.
- [5] NASA Earth Observatory, «Uptick in Amazon Fire Activity in 2019,» 19/09/2019.
- [6] Royal Commission into Natural Disaster Arrangements of Australia, «Report 2020,» 28 October 2020.
- [7] WWF, *El terrible incendio de Ávila nos avisa del peligro de los superincendios, 2021*, <https://www.wwf.es/?58140/El-terrible-incendio-de-avila-nos-avisa-del-peligro-de-los-superincendios>.
- [8] Gongbo Chen et al., «Mortality risk attributable to wildfire-related PM2.5 pollution: a global time series study in 749 locations,» *THE LANCET*, vol. 5, nº 9, 2021.
- [9] D. T. e. al., «The Costs and Losses of Wildfires,» *NIST (National Institute of Standards and Technology)*, nº 1215, 2017.
- [10] A. FERREIRO, «ANÁLISIS SOCIOECONÓMICO DE LOS INCENDIOS FORESTALES ESPAÑOLES Y PROPUESTA DE REDISEÑO DE LA ESTRATEGIA DE PREVENCIÓN-CONCIENCIACIÓN,» 2014.
- [11] L. Boyle, «Global fires are up 13% from 2019's record-breaking numbers,» *The Independent*, 2020.
- [12] Gildshire, *The Sandgrouse: The Bird That Acts Like A Sponge. 2018*, <https://www.gildshire.com/sandgrouse-bird-acts-like-sponge/>.
- [13] Giglio et al., *The Collection 6 MODIS burned area mapping algorithm and product*, <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.08.005>: Remote Sensing of Environment 217, 72–85, 2018.
- [14] Andela et al., *The Global Fire Atlas of individual fire size*, <https://doi.org/10.5194/>: J. Earth Syst. Sci. Data. 11 (2), 529–552., 2019.
- [15] Liu Yongqiang et al., *Trends in global wildfire potential in a changing*, Forest Ecology and Management: 2010, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378112709006148>.
- [16] Bowman et al., *Fire in the Earth System*, SCIENCE: <https://www-science-org.sire.ub.edu/doi/10.1126/science.1163886>, 2009.

- [17] A. Ganteaume et al., *A Review of the Main Driving Factors of Forest Fire Ignition Over Europe*, Environmental Management: 2012, <https://doi.org/10.1007/s00267-012-9961-z>.
- [18] G. R. van der Werf et al., *Climate controls on the variability of fires in the tropics and subtropics*, GLOBAL BIOGEOCHEMICAL CYCLES: 2008, <https://agupubs-onlinelibrary-wiley-com.sire.ub.edu/doi/full/10.1029/2007GB003122>.
- [19] Juli G Pausas, Jon E Keeley, *Wildfires as an ecosystem service*, Frontiers in Ecology and the Environment: 2019, <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/fee.2044>.
- [20] Philip J. Burton et al., *Large fires as agents of ecological diversity in the North American boreal forest*, Wildland Fire: 2008, <https://www.publish.csiro.au/wf/WF07149>.
- [21] Doerr and Santin, *Global trends in wildfire and its impacts: perceptions versus realities in a changing world*, PHILOSOPHICAL TRANSACTIONS OF THE ROYAL SOCIETY B: 2016, <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rstb.2015.0345>.
- [22] San Miguel et al., *Science for disaster risk management 2017: knowing better and losing less*, Chapter 3.10 Climatological risk: wildfires: Publications Office of the European Union, ISBN 978-92-79-60679-3.
- [23] Soares Filho et al., *The Gathering Firestorm in southern Amazonia*, SCIENCE: 2017, <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.aay1632>.
- [24] Jolly et al., *Climate-induced variations in global wildfire danger from 1979 to 2013*, Nature: 2015, <https://www.nature.com/articles/ncomms8537>.
- [25] The World Bank Group, *Managing Wildfires in a Changing Climate*, 2020: International Bank for Reconstruction and Development, <https://www.profor.info/content/managing-wildfires-changing-climate>.
- [26] Eurostat, *How much do governments spend on fire-protection in the EU?*, 2019, <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/edn-20190504-1>.
- [27] Sen G. et al., *PERCEPTIONS AND EXPECTATIONS ON FOREST MANAGEMENT CERTIFICATION OF FORESTERS IN STATE FOREST ENTERPRISES: A CASE STUDY IN TURKEY*, Applied Ecology and environmental research: 2018, http://www.aloki.hu/pdf/1601_867891.pdf.
- [28] Marianna Poberezhskaya, *Russian Climate Change Policy: Increasing Ambitions*, RUSSIAN ANALYTICAL DIGEST: 2021.
- [29] Jun Zhuang et al., *Total Cost of Fire in the United States*, Research Foundation NFPA: 2017, <https://www.flameretardantfacts.com/wp-content/uploads/2020/06/RFTTotalCost.pdf>.
- [30] Oliveira, U et al., *Determinants of Fire Impact in the Brazilian Biomes*, FRONTIERS IN FORESTS AND GLOBAL CHANGE: 2022, <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/ffgc.2022.735017/full>.
- [31] Alisjahbana, AS; Busch, JM, *Forestry, Forest Fires, and Climate Change in Indonesia*, BULLETIN OF INDONESIAN ECONOMIC STUDIES: 2017, <https://www-tandfonline-com.sire.ub.edu/doi/full/10.1080/00074918.2017.1365404>.

- [32] *NSW Budget estimates 2019-20*, 2020, <https://www.parliament.nsw.gov.au/committees/inquiries/Pages/inquiry-details.aspx?pk=2531>.
- [33] National Treasury of South Africa, *Budget Review 2022*, 2022, treasury.gov.za/documents/national%20budget/2022/review/FullBR.pdf.
- [34] *中央财政投入375亿元加强森林防火 - The central government invested 37.5 billion yuan to strengthen forest fire prevention*, 2021, <http://qikan.cqvip.com/Qikan/Article/Detail?id=671948067>.
- [35] *Global forest watch*, <https://www.globalforestwatch.org/>.
- [36] Mike Shouts, *Some China Cities Are Using Rocket Launchers To Fight High-rise Fires*, 2019, <https://mikeshouts.com/some-china-cities-are-using-rocket-launchers-to-fight-high-rise-fires/>.
- [37] Wildfire Innovations Inc, *ERIS*, 2022, <https://wildfireinov.com/>.
- [38] Wildfire Today, *Armed Forces in Sweden attempt to stop wildfire with a bomb*, 2018, <https://wildfiretoday.com/tag/bomb/>.
- [39] Howe and Howe, *Unmanned firefighting vehicles*, 2022, <https://www.howeandhowe.com/>.
- [40] Marcos Rodrigues et al., *Fire regime dynamics in mainland Spain. Part 1: Drivers of change*, *Science of the Total Environment*: 2020, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004896971935836X>.
- [41] Ministerio de Agricultura, Pesca, y Alimentación, *Estadística general de incendios forestales*, 2020, <https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/incendios-forestales/>.
- [42] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO), *Informe sobre el estado del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad en España a 2020*, 2021, https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/iepn20_sexenal_tcm30-527047.pdf.
- [43] Adrián Jiménez-Ruano et al., *Fire regime dynamics in mainland Spain. Part 2: A near-future prospective*, *Science of the Total Environment*: 2020, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969719358371>.
- [44] M. Alló, M.L. Loureiro, *Assessing preferences for wildfire prevention policies in Spain*, *Forest Policy and Economics*: 2020, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1389934119302977>.
- [45] Pablo Tejado, *Mejorando la calidad de la valoración del riesgo local de incendio: aplicación al futuro Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama*, *Oppidum*: 2007, http://oppidum.es/oppidum-03-pdf/op03.17_tejedo.pdf.
- [46] MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION, *Los Incendios Forestales en España. Decenio 2006-2015*, 2019, https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/estadisticas/incendios-decenio-2006-2015_tcm30-521617.pdf.

- [47] MITECO, *Web del MITECO. Medios de prevención y extinción*, 2022, <https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/incendios-forestales/prevencion-extincion.aspx>.
- [48] Ejército del Aire, *Web del 43 Grupo de las Fuerzas Aéreas*, 2022, <https://ejercitodelaire.defensa.gob.es/EA/ejercitodelaire/es/organizacion/unidades/unidad/43-Grupo-de-Fuerzas-Aereas/>.
- [49] BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO, *III. OTRAS DISPOSICIONES*, MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA, 2020, <https://www.boe.es/boe/dias/2020/09/16/pdfs/BOE-A-2020-10768.pdf>.
- [50] Junta de Contratación Pública, *Anuncio de formalización de Contrato con Número de Expediente 2016/0000028*, 2016, https://contrataciondelestado.es/wps/wcm/connect/2981f3e5-d79e-4d97-8882-28988f49fb1f/DOC_FORM2016-316236.pdf?MOD=AJPERES.
- [51] El Mundo, *"El juez propone juzgar a 32 personas por amañar los contratos de extinción de incendios en el sector de la navegación aérea"*, Consejo General de Poder Judicial: 2022, <https://www.poderjudicial.es/cgpj/es/Poder-Judicial/Noticias-Judiciales/El-juez-propone-juzgar-a-32-personas-por-amanar-los-contratos-de-extincion-de-incendios-en-el-sector-de-la-navegacion-aerea>.
- [52] A. Grübler, *Technology and Global Change*, Cambridge University Press: 1998.
- [53] Clayton G. Smith, *Understanding technological substitution: Generic types, substitution dynamics, and influence strategies*, ELSEVIER: 1992, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0923474892900192>.
- [54] Philip Anderson, Michael L. Tushman, *Technological Discontinuities and Dominant Designs: A Cyclical Model of Technological Change*, Elsevier: 1998, <https://www.jstor.org/stable/2393511>.
- [55] R. Adner, R. Kapoor, *Innovation ecosystems and the pace of substitution: Re-examining technology S-curves*, Scholarly Commons: 2015, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/smj.2363>.
- [56] Boscherini et al., *The process of organisational change in open innovation: Evidence from high tech firms*, Int. J. Entrepreneurship and Innovation Management, Vol. 17: 2013, https://www.researchgate.net/publication/264822902_The_process_of_organisational_change_in_open_innovation_Evidence_from_high_tech_firms.
- [57] Suarez, *Product, Process, and Service: A New Industry Lifecycle Model*, MIT Sloan School of Management: 2006, <http://web.mit.edu/sis07/www/cusumano.pdf>.
- [58] L. Rosenkopf, M. Thusman, *The Coevolution of Community Networks and Technology: Lessons From the Flight Simulation Industry*, Scholaru Commons. University of Pennsylvania: 1998, https://repository.upenn.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1077&context=mgmt_papers.
- [59] R. Axelrod, *Coalition Formation in Standard-Setting Alliances*, Management Science: 1994, <https://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/35375/b1727102.0001.001.pdf?sequence=2>.
- [60] C. Christensen, *Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail*, Harvard Business School Press: 1997, <https://www.hbs.edu/faculty/Pages/item.aspx?num=46>.

- [61] E. Hartigh, *Business ecosystems: A research framework for investigating the relation between network structure, firm strategy, and the pattern of innovation diffusion*, ECCON : 2011, [http://www.tva.nl/upload/051020_EDH&TVA_business%20Ecosystems%20\[ECCON%202005\].pdf](http://www.tva.nl/upload/051020_EDH&TVA_business%20Ecosystems%20[ECCON%202005].pdf).
- [62] Benjamin Franklin, *The Autobiography of Benjamin Franklin*, 1791.
- [63] El Mundo, *El 'superavión' bombero no fue efectivo en el incendio de la Serranía de Cuenca*, 2009, <https://www.elmundo.es/elmundo/2009/07/23/espana/1248360473.html>.
- [64] Aerocorner, *Bombardier 415, SPECS*, <https://aerocorner.com/aircraft/bombardier-415/>.
- [65] AIR CHARTER SERVICE, *LOCKHEED L-100-30 HERCULES*, <https://www.aircharterservice.com/aircraft-guide/cargo/lockheed-usa/lockheedl-100-30hercules#:~:text=BUYING%20A%20LOCKHEED%20L%20100%2030%20HERCULES&text=While%20the%20prices%20of%20these,between%20%244.5%20and%20%245%20million..>
- [66] Capital.com, *Steel prices to ease in 2022 as rally is over*, <https://capital.com/steel-price-to-ease-in-2022-as-rally-is-over#:~:text=Fitch%20Solutions%20on%2023%20November,%24750%20per%20tonne%20in%202022..>

ANEXOS

Anexo 1: Desglose del plan financiero

- Desglose del desarrollo óptimo

FINANCIACIÓN	FASE 1				FASE 2				FASE 3			FASE 4		
	Pre-Inversión	Post-Inversión			1 ^{er} Trimestre	2 ^o Trimestre	3 ^{er} Trimestre	4 ^o Trimestre	1 ^{er} Año	2 ^o Año	3 ^{er} Año	1 ^{er} Bienio	2 ^o Bienio	3 ^{er} Bienio
		1 ^{er} Trimestre	2 ^o Trimestre	3 ^{er} Trimestre										
Socios fundadores	20,000 €													
Inversión pública		100,000 €	100,000 €											
Inversión privada			200,000 €		500,000 €							20,000,000 €		
Préstamos bancarios					100,000 €									
Contrataciones					10,000,000 €				15,000,000 €	18,000,000 €	20,000,000 €	70,000,000 €	100,000,000 €	200,000,000 €
Licencias											100,000 €	1,000,000 €	10,000,000 €	30,000,000 €
TOTAL	20,000 €	100,000 €	300,000 €	0 €	10,600,000 €	0 €	0 €	0 €	15,000,000 €	18,000,000 €	20,100,000 €	91,000,000 €	110,000,000 €	230,000,000 €
Total fase				400,000 €				500,000 €			0 €			20,000,000 €
Equity disuelta	0%	0%	20%	20%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	60%	60%	60%
Valoración	1,000,000 €	1,000,000 €	1,200,000 €	1,200,000 €	2,500,000 €	2,500,000 €	2,500,000 €	2,500,000 €	2,500,000 €	2,500,000 €	2,500,000 €	100,000,000 €	100,000,000 €	100,000,000 €

Préstamo Bancario: Sistema francés
2 años
Interes 3% pagadero cada semestre
Intereses + amortización de préstamo en cuotas iguales
Comisión de apertura 1% de cuantía del préstamo (gastos financieros)

GASTOS MATERIALES	FASE 1				FASE 2				FASE 3			FASE 4		
	Pre-Inversión	Post-Inversión			1 ^{er} Trimestre	2 ^o Trimestre	3 ^{er} Trimestre	4 ^o Trimestre	1 ^{er} Año	2 ^o Año	3 ^{er} Año	1 ^{er} Bienio	2 ^o Bienio	3 ^{er} Bienio
		1 ^{er} Trimestre	2 ^o Trimestre	3 ^{er} Trimestre										
Mobiliario y oficinas	0 €	500 €	500 €	500 €	5,000 €	1,500 €	1,500 €	1,500 €	15,000 €	15,000 €	15,000 €	70,000 €	70,000 €	70,000 €
Estaciones operativas	0 €	0 €	0 €	0 €	20,000 €	0 €	0 €	0 €	200,000 €	200,000 €	200,000 €	30,000 €	50,000 €	50,000 €
Otros activos fijos	8,000 €	5,000 €	1,000 €	1,000 €	10,000 €	1,000 €	1,000 €	1,000 €	15,000 €	15,000 €	15,000 €	8,000,000 €	10,000,000 €	12,000,000 €
Aeronaves especializadas	0 €	0 €	0 €	0 €	10,000,000 €	0 €	0 €	0 €	0 €	10,000,000 €	10,000,000 €	30,000,000 €	50,000,000 €	80,000,000 €
Producción de cofres	2,000 €	5,000 €	10,000 €	10,000 €	300,000 €	0 €	0 €	0 €	360,000 €	420,000 €	540,000 €	600,000 €	3,200,000 €	6,000,000 €
TOTAL	10,000 €	10,500 €	11,500 €	11,500 €	10,335,000 €	2,500 €	2,500 €	2,500 €	590,000 €	10,650,000 €	10,770,000 €	38,700,000 €	63,320,000 €	98,120,000 €
Coste ud. cofre	1,000 €	1,000 €	1,000 €	1,000 €	1,000 €	1,000 €	800 €	600 €	600 €	600 €	600 €	400 €	400 €	400 €
# cofres	2	5	10	10	300	0	0	0	600	700	900	1500	8000	15000
Coste ud. A.E.	10,000,000 €													
# A.E.	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	3	5	8

= 'número de'

A.E.= 'Aeronaves Especializadas'

ud.= 'unidad'

Precio de las Aeronaves especializadas: 10,000,000 €

Se ha estimado esta cifra teniendo en cuenta que una aeronave de carga de 20,000 kg de capacidad cuesta no menos de 5,000,000 € [65] y que las adaptaciones en este tipo de aeronaves pueden entre 1 y 2 millones de euros por unidad.

Precio de la unidad de cofre: <1,000 €

Siendo 750 € el precio por tonelada de acero [66] y pesando un máximo de 300 kg cada cofre vacío en acero; sumando hasta 700 € de gastos de compra y manufactura de corte y soldado, que irá reduciéndose con el paso del tiempo.

GASTOS OPERATIVOS	FASE 1				FASE 2				FASE 3			FASE 4		
	Pre-Inversión	Post-Inversión			1 ^{er} Trimestre	2 ^o Trimestre	3 ^{er} Trimestre	4 ^o Trimestre	1 ^{er} Año	2 ^o Año	3 ^{er} Año	1 ^{er} Bienio	2 ^o Bienio	3 ^{er} Bienio
		1 ^{er} Trimestre	2 ^o Trimestre	3 ^{er} Trimestre										
Constitución	3,000 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Gastos Administrativos	1,000 €	2,000 €	10,000 €	2,000 €	2,000 €	500 €	500 €	500 €	2,000 €	2,000 €	2,000 €	5,000 €	10,000 €	10,000 €
Viajes	200 €	500 €	500 €	500 €	800 €	800 €	800 €	800 €	1,500 €	1,500 €	1,500 €	10,000 €	10,000 €	10,000 €
Servicio de logística	0 €	0 €	0 €	0 €	5,000 €	5,000 €	5,000 €	5,000 €	20,000 €	20,000 €	20,000 €	100,000 €	150,000 €	200,000 €
Gastos financieros					1,000 €	3,000 €		2,283 €	2,328 €					
Devolución deuda						23,903 €		24,620 €	51,478 €					
Amortizaciones	200 €	338 €	375 €	413 €	251,288 €	251,350 €	251,413 €	251,475 €	274,475 €	1,297,475 €	2,320,475 €	9,940,475 €	21,964,475 €	40,388,475 €
Otros gastos	0 €	1,000 €	1,000 €	1,000 €	10,000 €	10,000 €	10,000 €	10,000 €	20,000 €	20,000 €	20,000 €	2,000,000 €	8,000,000 €	10,000,000 €
TOTAL	4,400 €	3,838 €	11,875 €	3,913 €	270,088 €	294,553 €	267,713 €	294,678 €	371,780 €	1,340,975 €	2,363,975 €	12,055,475 €	30,134,475 €	50,608,475 €

GATOS PERSONAL	FASE 1				FASE 2				FASE 3			FASE 4		
	Pre-Inversión	Post-Inversión			1 ^{er} Trimestre	2 ^o Trimestre	3 ^{er} Trimestre	4 ^o Trimestre	1 ^{er} Año	2 ^o Año	3 ^{er} Año	1 ^{er} Bienio	2 ^o Bienio	3 ^{er} Bienio
		1 ^{er} Trimestre	2 ^o Trimestre	3 ^{er} Trimestre										
Dirección	0 €	14,400 €	14,400 €	14,400 €	24,000 €	24,000 €	24,000 €	24,000 €	168,000 €	168,000 €	168,000 €	480,000 €	480,000 €	480,000 €
Dept. Técnico	0 €	3,600 €	3,600 €	3,600 €	21,600 €	21,600 €	21,600 €	21,600 €	302,400 €	453,600 €	529,200 €	2,160,000 €	2,700,000 €	3,780,000 €
Dept. Administrativo	0 €	3,600 €	3,600 €	3,600 €	9,600 €	9,600 €	9,600 €	9,600 €	134,400 €	201,600 €	201,600 €	1,440,000 €	1,920,000 €	1,920,000 €
Dept. Comunicaciones	0 €	0 €	3,600 €	3,600 €	8,400 €	8,400 €	8,400 €	8,400 €	117,600 €	176,400 €	176,400 €	1,260,000 €	1,260,000 €	1,260,000 €
TOTAL	0 €	21,600 €	25,200 €	25,200 €	63,600 €	63,600 €	63,600 €	63,600 €	722,400 €	999,600 €	1,075,200 €	5,340,000 €	6,360,000 €	7,440,000 €
Empleados totales	4	6	7	7	12	12	12	12	20	28	30	54	64	74
Sueldo dirección	0 €	1,200 €	1,200 €	1,200 €	2,000 €	2,000 €	2,000 €	2,000 €	3,500 €	3,500 €	3,500 €	5,000 €	5,000 €	5,000 €
Sueldo Técnicos	0 €	1,200 €	1,200 €	1,200 €	1,800 €	1,800 €	1,800 €	1,800 €	3,150 €	3,150 €	3,150 €	4,500 €	4,500 €	4,500 €
Sueldo Admins	0 €	1,200 €	1,200 €	1,200 €	1,600 €	1,600 €	1,600 €	1,600 €	2,800 €	2,800 €	2,800 €	4,000 €	4,000 €	4,000 €
Sueldo Comunicación	0 €	1,200 €	1,200 €	1,200 €	1,400 €	1,400 €	1,400 €	1,400 €	2,450 €	2,450 €	2,450 €	3,500 €	3,500 €	3,500 €
Directores	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Técnicos	0	1	1	1	4	4	4	4	8	12	14	20	25	35
Administrativos	0	1	1	1	2	2	2	2	4	6	6	15	20	20
Comunicadores	0	0	1	1	2	2	2	2	4	6	6	15	15	15

TESORERÍA	FASE 1				FASE 2				FASE 3			FASE 4		
	Pre-Inversión	Post-Inversión			1 ^{er} Trimestre	2 ^o Trimestre	3 ^{er} Trimestre	4 ^o Trimestre	1 ^{er} Año	2 ^o Año	3 ^{er} Año	1 ^{er} Bienio	2 ^o Bienio	3 ^{er} Bienio
		1 ^{er} Trimestre	2 ^o Trimestre	3 ^{er} Trimestre										
Financiaciones	20,000 €	100,000 €	300,000 €	0 €	600,000 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	20,000,000 €	0 €	0 €
Contrataciones	0 €	0 €	0 €	0 €	10,000,000 €	0 €	0 €	0 €	15,000,000 €	18,000,000 €	20,000,000 €	70,000,000 €	100,000,000 €	200,000,000 €
Licencias	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	100,000 €	1,000,000 €	10,000,000 €	30,000,000 €
TOTAL INGRESOS	20,000 €	100,000 €	300,000 €	0 €	10,600,000 €	0 €	0 €	0 €	15,000,000 €	18,000,000 €	20,100,000 €	91,000,000 €	110,000,000 €	230,000,000 €
Gastos Materiales	10,000 €	10,500 €	11,500 €	11,500 €	10,335,000 €	2,500 €	2,500 €	2,500 €	590,000 €	10,650,000 €	10,770,000 €	38,700,000 €	63,320,000 €	98,120,000 €
Gastos Operaciones	4,200 €	3,500 €	11,500 €	3,500 €	18,800 €	43,203 €	16,300 €	43,203 €	2,094,329 €	794,914 €	927,124 €	2,115,000 €	9,697,829 €	21,294,729 €
Gastos Personal	0 €	21,600 €	25,200 €	25,200 €	63,600 €	63,600 €	63,600 €	63,600 €	722,400 €	999,600 €	1,075,200 €	5,340,000 €	6,360,000 €	7,440,000 €
TOTAL GASTOS	14,200 €	35,600 €	48,200 €	40,200 €	10,417,400 €	109,303 €	82,400 €	109,303 €	3,406,729 €	12,444,514 €	12,772,324 €	46,155,000 €	79,377,829 €	126,854,729 €
Saldo final caja	5,800 €	70,200 €	322,000 €	281,800 €	464,400 €	355,097 €	272,697 €	163,395 €	11,756,665 €	17,312,152 €	24,639,828 €	69,484,828 €	100,106,999 €	203,252,270 €

Punto de equilibrio calculado:

Cuantía del primer contrato del estado (Fase 1 en FINANCIACIÓN) para que el Saldo final de caja sea 0 en el 4^o Trimestre de la Fase 2:

9,836,605 €

CUENTA DE RESULTADOS	FASE 1				FASE 2				FASE 3			FASE 4		
	Pre-Inversión	Post-Inversión			1 ^{er} Trimestre	2 ^o Trimestre	3 ^{er} Trimestre	4 ^o Trimestre	1 ^{er} Año	2 ^o Año	3 ^{er} Año	1 ^{er} Bienio	2 ^o Bienio	3 ^{er} Bienio
		1 ^{er} Trimestre	2 ^o Trimestre	3 ^{er} Trimestre										
Ingresos contrataciones	0 €	0 €	0 €	0 €	10,000,000 €	0 €	0 €	0 €	15,000,000 €	18,000,000 €	20,000,000 €	70,000,000 €	100,000,000 €	200,000,000 €
Ingresos licencias	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	100,000 €	1,000,000 €	10,000,000 €	30,000,000 €
Total Ingresos	0 €	0 €	0 €	0 €	10,000,000 €	0 €	0 €	0 €	15,000,000 €	18,000,000 €	20,100,000 €	71,000,000 €	110,000,000 €	230,000,000 €
Costes del servicio	10,000 €	10,500 €	11,500 €	11,500 €	10,335,000 €	2,500 €	2,500 €	2,500 €	590,000 €	10,650,000 €	10,770,000 €	38,700,000 €	63,320,000 €	98,120,000 €
Margen bruto	-10,000 €	-10,500 €	-11,500 €	-11,500 €	-335,000 €	-2,500 €	-2,500 €	-2,500 €	14,410,000 €	7,350,000 €	9,330,000 €	32,300,000 €	46,680,000 €	131,880,000 €
Margen bruto (%)					-3%				96%	41%	46%	45%	42%	57%
Gastos Operativos	4,200 €	25,100 €	36,700 €	28,700 €	82,400 €	106,803 €	79,900 €	106,803 €	819,705 €	1,043,100 €	1,118,700 €	7,455,000 €	14,530,000 €	17,660,000 €
Total gastos	14,200 €	35,600 €	48,200 €	40,200 €	10,417,400 €	109,303 €	82,400 €	109,303 €	1,409,705 €	11,693,100 €	11,888,700 €	46,155,000 €	77,850,000 €	115,780,000 €
EBITDA	-14,200 €	-35,600 €	-48,200 €	-40,200 €	-417,400 €	-109,303 €	-82,400 €	-109,303 €	13,590,295 €	6,306,900 €	8,211,300 €	24,845,000 €	32,150,000 €	114,220,000 €
Amortización	200 €	338 €	375 €	413 €	251,288 €	251,350 €	251,413 €	251,475 €	274,475 €	1,297,475 €	2,320,475 €	9,940,475 €	21,964,475 €	40,388,475 €
Gastos financieros	0 €	0 €	0 €	0 €	1,000 €	3,000 €	0 €	2,283 €	2,328 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
EBT	-14,400 €	-35,938 €	-48,575 €	-40,613 €	-669,688 €	-363,653 €	-333,813 €	-363,061 €	13,313,492 €	5,009,425 €	5,890,825 €	14,904,525 €	10,185,525 €	73,831,525 €
Impuesto Sociedades									1,997,024 €	751,414 €	883,624 €		1,527,829 €	11,074,729 €
Resultado	-14,400 €	-35,938 €	-48,575 €	-40,613 €	-669,688 €	-363,653 €	-333,813 €	-363,061 €	11,316,468 €	4,258,011 €	5,007,201 €	14,904,525 €	8,657,696 €	62,756,796 €

- Desglose del desarrollo subóptimo

FINANCIACIÓN	FASE 1				FASE 2				FASE 3			FASE 4		
	Pre-Inversión	Post-Inversión			1 ^{er} Trimestre	2 ^o Trimestre	3 ^{er} Trimestre	4 ^o Trimestre	1 ^{er} Año	2 ^o Año	3 ^{er} Año	1 ^{er} Bienio	2 ^o Bienio	3 ^{er} Bienio
		1 ^{er} Trimestre	2 ^o Trimestre	3 ^{er} Trimestre										
Socios fundadores	20,000 €													
Inversión pública		100,000 €												
Inversión privada			200,000 €		200,000 €							10,000,000 €		
Préstamos bancarios														
Contrataciones					2,000,000 €				5,000,000 €	5,000,000 €	8,000,000 €	20,000,000 €	50,000,000 €	80,000,000 €
Licencias									100,000 €	200,000 €	500,000 €	2,000,000 €	15,000,000 €	30,000,000 €
TOTAL	20,000 €	100,000 €	200,000 €	0 €	2,200,000 €	0 €	0 €	0 €	5,100,000 €	5,200,000 €	8,500,000 €	32,000,000 €	65,000,000 €	110,000,000 €
Total fase				300,000 €			200,000 €				0 €			10,000,000 €
Equity disuelta	0%	0%	20%	20%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	60%	60%	60%
Valoración	1,000,000 €	1,000,000 €	1,200,000 €	1,200,000 €	2,500,000 €	2,500,000 €	2,500,000 €	2,500,000 €	2,500,000 €	2,500,000 €	2,500,000 €	50,000,000 €	50,000,000 €	50,000,000 €

GASTOS MATERIALES	FASE 1				FASE 2				FASE 3			FASE 4		
	Pre-Inversión	Post-Inversión			1 ^{er} Trimestre	2 ^o Trimestre	3 ^{er} Trimestre	4 ^o Trimestre	1 ^{er} Año	2 ^o Año	3 ^{er} Año	1 ^{er} Bienio	2 ^o Bienio	3 ^{er} Bienio
		1 ^{er} Trimestre	2 ^o Trimestre	3 ^{er} Trimestre										
Mobiliario y oficinas	0 €	500 €	500 €	500 €	5,000 €	1,500 €	1,500 €	1,500 €	15,000 €	15,000 €	15,000 €	70,000 €	70,000 €	70,000 €
Estaciones operativas	0 €	0 €	0 €	0 €	20,000 €	20,000 €	20,000 €	20,000 €	200,000 €	200,000 €	200,000 €	30,000 €	50,000 €	50,000 €
Otros activos fijos	8,000 €	5,000 €	1,000 €	1,000 €	10,000 €	1,000 €	1,000 €	1,000 €	15,000 €	15,000 €	15,000 €	8,000,000 €	10,000,000 €	12,000,000 €
Aeronaves especializadas	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	10,000,000 €	10,000,000 €	20,000,000 €	30,000,000 €
Producción de cofres	2,000 €	5,000 €	10,000 €	10,000 €	300,000 €	0 €	0 €	0 €	360,000 €	420,000 €	540,000 €	600,000 €	3,200,000 €	6,000,000 €
TOTAL	10,000 €	10,500 €	11,500 €	11,500 €	335,000 €	22,500 €	22,500 €	22,500 €	590,000 €	650,000 €	10,770,000 €	18,700,000 €	33,320,000 €	48,120,000 €
Coste ud. cofre	1,000 €	1,000 €	1,000 €	1,000 €	1,000 €	1,000 €	800 €	600 €	600 €	600 €	600 €	400 €	400 €	400 €
# cofres	2	5	10	10	300	0	0	0	600	700	900	1500	8000	15000
Coste ud. A.E.	10,000,000 €													
# A.E.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	3

GASTOS OPERATIVOS	FASE 1				FASE 2				FASE 3			FASE 4		
	Pre-Inversión	Post-Inversión			1 ^{er} Trimestre	2 ^o Trimestre	3 ^{er} Trimestre	4 ^o Trimestre	1 ^{er} Año	2 ^o Año	3 ^{er} Año	1 ^{er} Bienio	2 ^o Bienio	3 ^{er} Bienio
		1 ^{er} Trimestre	2 ^o Trimestre	3 ^{er} Trimestre										
Constitución	3,000 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Gastos Administrativos	1,000 €	2,000 €	10,000 €	2,000 €	2,000 €	500 €	500 €	500 €	2,000 €	2,000 €	2,000 €	5,000 €	10,000 €	10,000 €
Viajes	200 €	500 €	500 €	500 €	800 €	800 €	800 €	800 €	1,500 €	1,500 €	1,500 €	10,000 €	10,000 €	10,000 €
Servicio de logística	0 €	0 €	0 €	0 €	5,000 €	5,000 €	5,000 €	5,000 €	20,000 €	20,000 €	20,000 €	100,000 €	150,000 €	200,000 €
Gastos financieros					1,000 €	0 €		0 €	0 €					
Devolución deuda						0 €		0 €	0 €					
Amortizaciones	200 €	338 €	375 €	413 €	1,288 €	1,850 €	2,413 €	2,975 €	25,975 €	48,975 €	1,071,975 €	4,691,975 €	10,715,975 €	19,139,975 €
Otros gastos	0 €	1,000 €	1,000 €	1,000 €	20,000 €	20,000 €	20,000 €	20,000 €	20,000 €	20,000 €	20,000 €	2,000,000 €	8,000,000 €	10,000,000 €
TOTAL	4,400 €	3,838 €	11,875 €	3,913 €	30,088 €	28,150 €	28,713 €	29,275 €	69,475 €	92,475 €	1,115,475 €	6,806,975 €	18,885,975 €	29,359,975 €

GASTOS PERSONAL	FASE 1				FASE 2				FASE 3			FASE 4		
	Pre-Inversión	Post-Inversión			1 ^{er} Trimestre	2 ^o Trimestre	3 ^{er} Trimestre	4 ^o Trimestre	1 ^{er} Año	2 ^o Año	3 ^{er} Año	1 ^{er} Bienio	2 ^o Bienio	3 ^{er} Bienio
		1 ^{er} Trimestre	2 ^o Trimestre	3 ^{er} Trimestre										
Dirección	0 €	14,400 €	14,400 €	14,400 €	24,000 €	24,000 €	24,000 €	24,000 €	168,000 €	168,000 €	168,000 €	480,000 €	480,000 €	480,000 €
Dept. Técnico	0 €	3,600 €	3,600 €	3,600 €	21,600 €	21,600 €	21,600 €	21,600 €	302,400 €	453,600 €	529,200 €	2,160,000 €	2,700,000 €	3,780,000 €
Dept. Administrativo	0 €	3,600 €	3,600 €	3,600 €	9,600 €	9,600 €	9,600 €	9,600 €	134,400 €	201,600 €	201,600 €	1,440,000 €	1,920,000 €	1,920,000 €
Dept. Comunicaciones	0 €	0 €	3,600 €	3,600 €	8,400 €	8,400 €	8,400 €	8,400 €	117,600 €	176,400 €	176,400 €	1,260,000 €	1,260,000 €	1,260,000 €
TOTAL	0 €	21,600 €	25,200 €	25,200 €	63,600 €	63,600 €	63,600 €	63,600 €	722,400 €	999,600 €	1,075,200 €	5,340,000 €	6,360,000 €	7,440,000 €
Empleados totales	4	6	7	7	12	12	12	12	20	28	30	54	64	74
Sueldo dirección	0 €	1,200 €	1,200 €	1,200 €	2,000 €	2,000 €	2,000 €	2,000 €	3,500 €	3,500 €	3,500 €	5,000 €	5,000 €	5,000 €
Sueldo Técnicos	0 €	1,200 €	1,200 €	1,200 €	1,800 €	1,800 €	1,800 €	1,800 €	3,150 €	3,150 €	3,150 €	4,500 €	4,500 €	4,500 €
Sueldo Admins	0 €	1,200 €	1,200 €	1,200 €	1,600 €	1,600 €	1,600 €	1,600 €	2,800 €	2,800 €	2,800 €	4,000 €	4,000 €	4,000 €
Sueldo Comunicación	0 €	1,200 €	1,200 €	1,200 €	1,400 €	1,400 €	1,400 €	1,400 €	2,450 €	2,450 €	2,450 €	3,500 €	3,500 €	3,500 €
Directores	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Técnicos	0	1	1	1	4	4	4	4	8	12	14	20	25	35
Administrativos	0	1	1	1	2	2	2	2	4	6	6	15	20	20
Comunicadores	0	0	1	1	2	2	2	2	4	6	6	15	15	15

TESORERÍA	FASE 1				FASE 2				FASE 3			FASE 4		
	Pre-Inversión	Post-Inversión			1 ^{er} Trimestre	2 ^o Trimestre	3 ^{er} Trimestre	4 ^o Trimestre	1 ^{er} Año	2 ^o Año	3 ^{er} Año	1 ^{er} Bienio	2 ^o Bienio	3 ^{er} Bienio
		1 ^{er} Trimestre	2 ^o Trimestre	3 ^{er} Trimestre										
Financiaciones	20,000 €	100,000 €	200,000 €	0 €	200,000 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	10,000,000 €	0 €	0 €
Contrataciones	0 €	0 €	0 €	0 €	2,000,000 €	0 €	0 €	0 €	5,000,000 €	5,000,000 €	8,000,000 €	20,000,000 €	50,000,000 €	80,000,000 €
Licencias	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	100,000 €	200,000 €	500,000 €	2,000,000 €	15,000,000 €	30,000,000 €
TOTAL INGRESOS	20,000 €	100,000 €	200,000 €	0 €	2,200,000 €	0 €	0 €	0 €	5,100,000 €	5,200,000 €	8,500,000 €	32,000,000 €	65,000,000 €	110,000,000 €
Gastos Materiales	10,000 €	10,500 €	11,500 €	11,500 €	335,000 €	22,500 €	22,500 €	22,500 €	590,000 €	650,000 €	10,770,000 €	18,700,000 €	33,320,000 €	48,120,000 €
Gastos Operaciones	4,200 €	3,500 €	11,500 €	3,500 €	28,800 €	26,300 €	26,300 €	26,300 €	601,219 €	562,189 €	-625,601 €	2,115,000 €	9,135,104 €	13,982,004 €
Gastos Personal	0 €	21,600 €	25,200 €	25,200 €	63,600 €	63,600 €	63,600 €	63,600 €	722,400 €	999,600 €	1,075,200 €	5,340,000 €	6,360,000 €	7,440,000 €
TOTAL GASTOS	14,200 €	35,600 €	48,200 €	40,200 €	427,400 €	112,400 €	112,400 €	112,400 €	1,913,619 €	2,211,789 €	11,219,599 €	26,155,000 €	48,815,104 €	69,542,004 €
Saldo final caja	5,800 €	70,200 €	222,000 €	181,800 €	1,954,400 €	1,842,000 €	1,729,600 €	1,617,200 €	4,803,581 €	7,791,793 €	5,072,194 €	10,917,194 €	27,102,090 €	67,560,086 €

CUENTA DE RESULTADOS	FASE 1				FASE 2				FASE 3			FASE 4		
	Pre-Inversión	Post-Inversión			1 ^{er} Trimestre	2 ^o Trimestre	3 ^{er} Trimestre	4 ^o Trimestre	1 ^{er} Año	2 ^o Año	3 ^{er} Año	1 ^{er} Bienio	2 ^o Bienio	3 ^{er} Bienio
		1 ^{er} Trimestre	2 ^o Trimestre	3 ^{er} Trimestre										
Ingresos contrataciones	0 €	0 €	0 €	0 €	2,000,000 €	0 €	0 €	0 €	5,000,000 €	5,000,000 €	8,000,000 €	20,000,000 €	50,000,000 €	80,000,000 €
Ingresos licencias	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	100,000 €	200,000 €	500,000 €	2,000,000 €	15,000,000 €	30,000,000 €
Total Ingresos	0 €	0 €	0 €	0 €	2,000,000 €	0 €	0 €	0 €	5,100,000 €	5,200,000 €	8,500,000 €	22,000,000 €	65,000,000 €	110,000,000 €
Costes del servicio	10,000 €	10,500 €	11,500 €	11,500 €	335,000 €	22,500 €	22,500 €	22,500 €	590,000 €	650,000 €	10,770,000 €	18,700,000 €	33,320,000 €	48,120,000 €
Margen bruto	-10,000 €	-10,500 €	-11,500 €	-11,500 €	1,665,000 €	-22,500 €	-22,500 €	-22,500 €	4,510,000 €	4,550,000 €	-2,270,000 €	3,300,000 €	31,680,000 €	61,880,000 €
Margen bruto (%)					83%				88%	88%	-27%	15%	49%	56%
Gastos Operativos	4,200 €	25,100 €	36,700 €	28,700 €	92,400 €	89,900 €	89,900 €	89,900 €	765,900 €	1,043,100 €	1,118,700 €	7,455,000 €	14,530,000 €	17,660,000 €
Total gastos	14,200 €	35,600 €	48,200 €	40,200 €	427,400 €	112,400 €	112,400 €	112,400 €	1,355,900 €	1,693,100 €	11,888,700 €	26,155,000 €	47,850,000 €	65,780,000 €
EBITDA	-14,200 €	-35,600 €	-48,200 €	-40,200 €	1,572,600 €	-112,400 €	-112,400 €	-112,400 €	3,744,100 €	3,506,900 €	-3,388,700 €	-4,155,000 €	17,150,000 €	44,220,000 €
Amortización	200 €	338 €	375 €	413 €	1,288 €	1,850 €	2,413 €	2,975 €	25,975 €	48,975 €	1,071,975 €	4,691,975 €	10,715,975 €	19,139,975 €
Gastos financieros	0 €	0 €	0 €	0 €	1,000 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
EBT	-14,400 €	-35,938 €	-48,575 €	-40,613 €	1,570,313 €	-114,250 €	-114,813 €	-115,375 €	3,718,125 €	3,457,925 €	-4,460,675 €	-8,846,975 €	6,434,025 €	25,080,025 €
Impuesto Sociedades									557,719 €	518,689 €	-669,101 €		965,104 €	3,762,004 €
Resultado	-14,400 €	-35,938 €	-48,575 €	-40,613 €	1,570,313 €	-114,250 €	-114,813 €	-115,375 €	3,160,406 €	2,939,236 €	-3,791,574 €	-8,846,975 €	5,468,921 €	21,318,021 €