

# Informe técnico

## ULM A-004/2021

---

Accidente ocurrido a la aeronave Tecnam P-92 ECHO-S, matrícula EC-JGD, el 6 de marzo de 2021, en el aeródromo de Olocau (Valencia)

El presente informe no constituye la edición en formato imprenta, por lo que puntualmente podrá incluir errores de menor entidad y tipográficos, aunque no en su contenido. Una vez que se disponga del informe maquetado y del Número de Identificación de las Publicaciones Oficiales (NIPO), se procederá a la sustitución del avance del informe final por el informe maquetado.



## Advertencia

El presente informe es un documento técnico que refleja el punto de vista de la Comisión de Investigación de Accidentes e Incidentes de Aviación Civil en relación con las circunstancias en que se produjo el evento objeto de la investigación, con sus causas probables y con sus consecuencias.

De conformidad con lo señalado en el art. 5.4.1 del Anexo 13 al Convenio de Aviación Civil Internacional; y según lo dispuesto en los arts. 5.6 del Reglamento (UE) nº 996/2010, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de octubre de 2010; el art.15 de la Ley 21/2003, de Seguridad Aérea; y los arts. 1 y 21.2 del R.D. 389/1998, esta investigación tiene carácter exclusivamente técnico y se realiza con la finalidad de prevenir futuros accidentes e incidentes de aviación mediante la formulación, si procede, de recomendaciones que eviten su repetición. No se dirige a la determinación ni al establecimiento de culpa o responsabilidad alguna, ni prejuzga la decisión que se pueda tomar en el ámbito judicial. Por consiguiente, y de acuerdo con las normas señaladas anteriormente la investigación ha sido efectuada a través de procedimientos que no necesariamente se someten a las garantías y derechos por los que deben regirse las pruebas en un proceso judicial.

Consecuentemente, el uso que se haga de este Informe para cualquier propósito distinto al de la prevención de futuros accidentes puede derivar en conclusiones e interpretaciones erróneas.



## ÍNDICE

Advertencia.....	ii
ÍNDICE .....	ii
ABREVIATURAS .....	iii
SINOPSIS.....	5
1. INFORMACIÓN FACTUAL .....	6
1.1. Reseña del accidente .....	6
1.2. Lesiones personales.....	7
1.3. Daños a la aeronave.....	7
1.4. Otros daños .....	8
1.5. Información sobre el personal.....	8
1.6. Información sobre la aeronave .....	8
1.6.1. General.....	8
1.6.2. Información del sistema de combustible .....	9
1.6.3. Mantenimiento .....	11
1.6.4. Manual de vuelo .....	11
1.7. Información meteorológica.....	13
1.8. Ayudas para la navegación.....	13
1.9. Comunicaciones .....	13
1.10. Información de aeródromo .....	14
1.11. Registradores de vuelo .....	14
1.12. Información sobre los restos de la aeronave siniestrada y el impacto .....	17
1.13. Información médica y patológica .....	20
1.14. Incendio .....	20
1.15. Aspectos relativos a la supervivencia.....	21
1.16. Ensayos e investigaciones .....	21
1.16.1. Inspección del avión.....	21
1.16.2. Posibilidad de trasvase de combustible.....	22
1.17. Información sobre organización y gestión .....	22
1.18. Información adicional .....	23
1.18.1. Posibilidad de engelamiento en el carburador.....	23
1.19. Técnicas de investigación especiales.....	24
2. ANÁLISIS.....	25
2.1. Coordinación de virajes durante el vuelo .....	25
2.2. Gestión de combustible .....	25
2.3. Causas de la parada de motor.....	25
2.4. Actuaciones del piloto tras la parada del motor.....	27
3. CONCLUSIONES .....	28
3.1. Constataciones.....	28
3.2. Causas/factores contribuyentes.....	28
4. RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD OPERACIONAL.....	29

## ABREVIATURAS

° ‘ “	Grado(s), minuto(s) y segundo(s) sexagesimal(es)
°C	Grado(s) centígrado(s)
AEMET	Agencia Estatal de Meteorología
AESA	Agencia Estatal de Seguridad Aérea
Art.	Artículo
EFIS	Sistema Electrónico de Instrumentos de Vuelo
ERPM	Revoluciones por minuto del motor
ft	Pie(s)
ft/min	Pie(s) por minuto
h	Hora(s)
hp	Caballo(s) de vapor
hPa	Hectopascal
IAS	Velocidad indicada
kg	Kilogramo(s)
km	Kilómetro(s)
km/h	Kilómetro(s)/hora
l	Litro(s)
l/h	Litros hora
m	Metro(s)
m <sup>2</sup>	Metro(s) cuadrado(s)
m/s	Metro(s)/segundo
MAF	Habilitación de aeronave Multieje de Ala Fija
MAP	Presión de admisión del motor
MHz	Megahercio(s)
MTOM	Masa máxima al despegue
MTOW	Peso máximo al despegue
m/s	Metros por segundo
n.º	Número
N	Norte
RD	Real Decreto
rpm	Revoluciones por minuto
R/TC	Habilitación de radiotelefonía en castellano
s/n	Número de serie
s	Segundo(s)
SL	Sociedad Limitada
T <sup>a</sup>	Temperatura
TULM	Licencia de Piloto de Ultraligero
ULM	Aeronave ultraligera motorizada
UTC	Tiempo Universal Coordinado
V <sub>FE</sub>	Velocidad máxima con flap extendidos

VFR	Reglas de vuelo visual
$V_{NO}$	Velocidad máxima estructural de crucero (según el manual de vuelo de la aeronave)
$V_{S0}$	Velocidad de pérdida en configuración de aterrizaje
W	Oeste

## SINOPSIS

<b>Propietario y operador:</b>	Privado
<b>Aeronave:</b>	TECNAM P-92-ECHO-S, EC-JGD (España)
<b>Fecha y hora del accidente:</b>	6 de marzo 2021, 13:30 h <sup>1</sup>
<b>Lugar del accidente:</b>	En el aeródromo de Olocau (Valencia)
<b>Personas a bordo:</b>	2 personas, piloto y un acompañante
<b>Tipo de vuelo:</b>	Aviación general – Privado.
<b>Fase del vuelo:</b>	Aterrizaje – Carrera de aterrizaje
<b>Tipo de operación:</b>	VFR
<b>Fecha de aprobación:</b>	25 de mayo de 2022

### Resumen del accidente:

El sábado 6 de marzo de 2021, la aeronave ultraligera Tecnam P92 ECHO-S, con matrícula EC-JGD, despegó del aeródromo de Olocau (Valencia), para un vuelo privado local, con dos personas a bordo, un piloto y un pasajero.

Durante el último tercio del vuelo, se activaron dos alarmas en dos momentos diferentes, una en una zona de montaña, y otra al incorporarse al circuito de aeródromo que no fueron identificadas por el piloto. Cuando la aeronave se encontraba al final del tramo base, se paró el motor. Después de unos 30 segundos, el piloto trató de ponerlo de nuevo en marcha y lo consiguió. El aterrizaje subsiguiente se realizó con una velocidad excesiva y, tras tomar tierra, se desprendió la pata derecha del tren de aterrizaje y colapsó la pata de morro.

Los ocupantes resultaron ilesos y la aeronave sufrió daños importantes.

La investigación ha determinado que la causa del accidente fue la realización de una aproximación final con exceso de velocidad vertical e indicada, tras la parada y puesta en marcha del motor al final del tramo base. Esta parada fue causada a su vez por una disrupción temporal en el flujo de combustible, debida probablemente a acumulación de aire en los conductos.

Se consideran causas probables de la parada del motor las siguientes:

- Bloqueo del conducto de retorno del sistema de combustible de la aeronave.
- Inadecuada gestión del carburante antes y durante el vuelo, unido a la realización de un vuelo descoordinado de manera continuada.

---

<sup>1</sup> La referencia horaria utilizada en este informe es la hora local a menos que se especifique lo contrario. La hora UTC es 1 hora menos.

## 1. INFORMACIÓN FACTUAL

### 1.1. Reseña del accidente

El sábado 6 de marzo de 2021, la aeronave TECNAM P-92-ECHO-S, con matrícula EC-JGD, despegó por la pista 15 del aeródromo de Olocau con dos personas a bordo, a las 12:30 aproximadamente. El piloto tenía la intención de realizar un vuelo local y practicar la navegación aérea, tratando de realizar una ruta prefijada pasando por ciertos puntos establecidos. Otros dos pilotos, co-propietarios de la aeronave, habían hecho ya vuelos locales con esa aeronave ese mismo día a las 10:00 y las 11:00 aproximadamente.

El piloto declaró que el usuario anterior de la aeronave le había dicho que quedaba combustible para una hora y media. Por esta razón, teniendo en cuenta que había planificado hacer un vuelo de unos 30 minutos, no necesitaba repostar. También declaró que se percató de que el depósito derecho tenía más nivel que el izquierdo (el derecho estaba por debajo de la mitad y el izquierdo a menos de un cuarto, según los aforadores).

Justo antes de despegar, el piloto declaró abrir las llaves de paso de ambos depósitos de combustible, siguiendo la lista de chequeo pre-vuelo. Sin embargo, decidió dejarlas abiertas todo el vuelo por creer que así se aseguraba no quedarse sin combustible, cuando el manual de vuelo especifica que se debe actuar en ellas para evitar consumos asimétricos entre depósitos (ver 1.6.4). Esto lo corroboró el jefe de vuelo en su declaración, pues relató que cerró ambos depósitos cuando se acercó a la aeronave tras el accidente. El piloto también declaró dejar la bomba eléctrica de combustible encendida todo el vuelo.

Cuando ya estaban regresando y habían dejado atrás la localidad de Alcublas, según las declaraciones del piloto y acompañante, se activó una alarma durante unos pocos segundos en la pantalla del Sistema Electrónico de Instrumentos de Vuelo (EFIS). Debido al desconocimiento del inglés, el piloto no pudo estar seguro de a qué se refería exactamente esa alarma, aunque pensó que podría estar relacionada con la temperatura (su acompañante manifestó lo mismo). Repasó las lecturas de los instrumentos y, al no ver nada fuera de lo normal y estar regresando, decidió proseguir con el vuelo. De todos modos, decidió aumentar la potencia para tratar de paliar el problema (al pensar que la alarma se había activado por una baja temperatura en el motor y de este modo pretendía elevarla).

Nada más incorporarse al circuito de aeródromo, la alarma volvió a activarse durante unos pocos segundos, decidiendo el piloto no hacer nada al respecto. Al final del tramo base, cuando estaba realizando el viraje para encarar la pista, el motor se paró. El piloto declaró que empezó a buscar alternativas para aterrizar de emergencia, pero que, tras unos 30 segundos, intentó encender el motor de nuevo, teniendo éxito a la primera.

También declaró que, no sabiendo muy bien por qué se había parado el motor, decidió evitar hacer “un motor y al aire”, ya que consideró que podría volver a pararse en cualquier momento.

En la aproximación final, el avión superó los 110 km/h, por lo que el piloto, según su declaración, decidió retraer los flaps al haber superado la  $V_{FE}$  (Velocidad máxima con flaps extendidos). La velocidad indicada llegó a alcanzar los 130 km/h, intentando el piloto aumentar la senda de descenso del avión haciendo un resbale. Finalmente hizo la toma a unos 115 km/h de velocidad indicada, produciéndose una rotura de la pata derecha y la rueda de morro. La aeronave se detuvo finalmente en el tercio final de la pista.

El piloto y el pasajero resultaron ilesos y la aeronave tuvo daños en el plano derecho, rueda de morro y pata derecha del tren de aterrizaje y la hélice.



*Ilustración 1: Aeronave accidentada*

## 1.2. Lesiones personales

<i>Lesiones</i>	<i>Tripulación</i>	<i>Pasajeros</i>	<i>Total en la aeronave</i>	<i>Otros</i>
Mortales				
Lesionados graves				
Lesionados leves				
Ilesos	1	1	2	No aplicable
TOTAL	1	1	2	

## 1.3. Daños a la aeronave

La aeronave resultó con daños importantes en la hélice, pata derecha y pata de morro del tren de aterrizaje, y el plano derecho.

#### 1.4. Otros daños

No aplicable

#### 1.5. Información sobre el personal

Piloto:

- Edad: 53 años
- Licencia: Piloto de ultraligero (TULM) – expedida en febrero de 2018 por la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA)
- Habilitaciones:
  - Radio telefonía Castellano (R/TC)
  - Multieje de ala fija (MAF) - válida hasta febrero de 2022
- Certificado médico:
  - Clase LAPL - válido hasta abril de 2021
- Horas de vuelo totales: 95 h
- Horas de vuelo con doble mando hasta obtener la licencia de piloto: 67 h
- Horas en el tipo de aeronave: 95 h

#### 1.6. Información sobre la aeronave

##### 1.6.1. General

La aeronave accidentada, modelo Tecnam P92 ECHO-S, es un monomotor biplaza de ala alta arriostrada y forma en planta rectangular. Dispone de tren triciclo con rueda de morro controlable. Fue fabricada por Aeroempordá S.L. en el año 2003 con el número de serie P-92-ES-029.

Sus características generales son las siguientes:

- Envergadura: 9,6 m - Longitud: 6,3 m - Altura total: 2,5 m
- Superficie alar: 13,2 m<sup>2</sup>
- Masa en vacío: 284 kg
- Masa máxima al despegue (MTOM): 450 kg
- Capacidad de combustible: 90 litros, distribuidos en dos depósitos situados en el ala.
- Motor Rotax 912 ULS, s/n: 5648184, potencia 100 hp a 5800 rpm
- Velocidad máxima con flaps extendidos ( $V_{FE}$ ): 110 km/h
- Velocidad de pérdida en configuración de aterrizaje, flaps 35° ( $V_{S0}$ ): 61 km/h
- Velocidad de pérdida con flaps a 0°: 69km/h
- Velocidad máxima estructural de crucero ( $V_{NO}$ ): 200 km/h
- Carrera de aterrizaje (con flaps extendidos y MTOM): 250 m

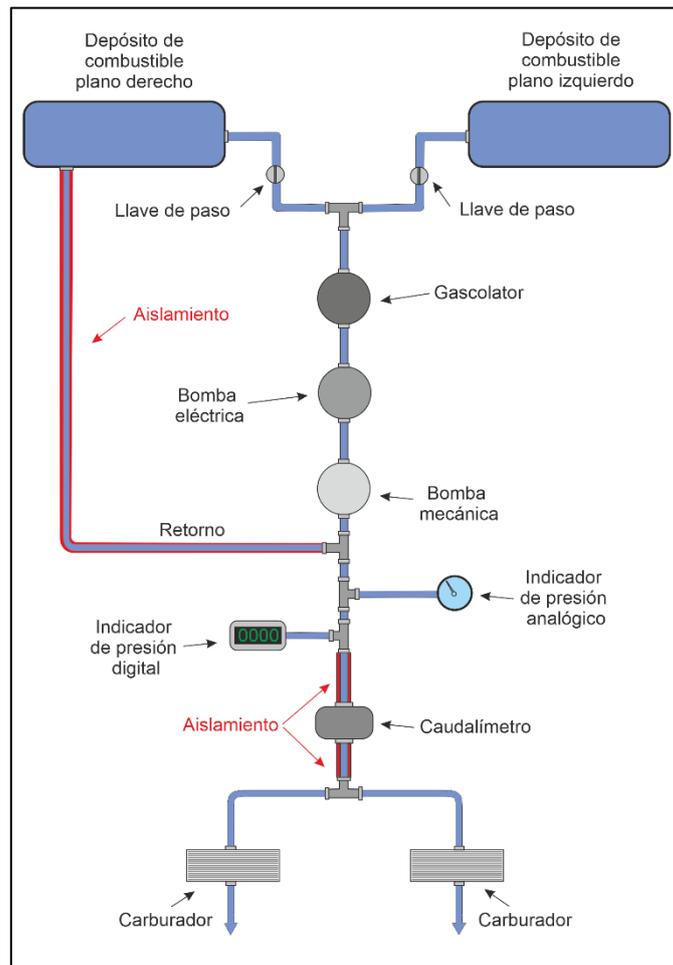
Tenía un Certificado de Aeronavegabilidad Especial Restringido, expedido por la Agencia Estatal de Seguridad Aérea el 26 de abril de 2016.



*Ilustración 2: Aeronave Tecnam P92 ECHO-S*

### **1.6.2. Información del sistema de combustible**

El sistema de combustible de la aeronave accidentada dispone de dos tanques en los planos de 45 litros cada uno, con unos conductos que los conectan entre sí y luego con el 'gascolator', que es a la vez un tanque de drenado y un filtro. Cada conducto tiene una válvula de paso independiente, operables desde cabina. Tras el 'gascolator', el combustible fluye a través de una bomba eléctrica y de una bomba mecánica. Tras la bomba hay tres bifurcaciones más: el conducto de retorno (que está conectado con el depósito izquierdo) y dos conductos que van a los sensores de presión analógico y digital. Tras las bifurcaciones hay un caudalímetro. Finalmente, hay una última división que divide el flujo de combustible entre los dos carburadores del motor (ver Ilustración 3).



*Ilustración 3: Esquema del sistema de combustible instalado en la aeronave*

Al principio del conducto de retorno de combustible, existe un restrictor atornillado al divisor que regula el caudal de combustible que puede retornar al depósito (ver Ilustración 4). El objetivo de este conducto es el de permitir el retorno del exceso de combustible no consumido por los carburadores al depósito izquierdo, así como el de las burbujas de aire o vapor de combustible que puedan aparecer en el sistema. Sin embargo, en la inspección del avión se constató que, en lugar del restrictor del fabricante, había un tornillo cortado (ver 1.16.1 para más detalles).



*Ilustración 4: División en T con restrictor insertado (izquierda), y restrictor sólo (derecha), original del fabricante.*

En cuanto a las válvulas de paso de combustible, el manual de vuelo estipula, en una lista de comprobación, que se abran ambas para aterrizar y despegar. Posteriormente, en crucero, sólo especifica que se debe actuar en esas válvulas para compensar un consumo asimétrico en los depósitos.

La aeronave no dispone de calefacción del carburador.

### 1.6.3. Mantenimiento

En el momento del accidente, la aeronave y el motor tenían 3901:40 horas. Según las anotaciones en el libro de vuelo de la aeronave, las revisiones de mantenimiento que se realizaron a la aeronave fueron las siguientes:

Fecha	Lugar	Horas	Descripción
01/07/2019	Pals	3512	Revisión General Completa de célula y motor
21/10/2019	Pals	3589	Cambio de aceite y revisión 100h. Viaje instalación radio, desfase horómetro por pruebas en tierra
28/06/2020	Olocau	3702	Cambio de aceite y revisión 100h.
18/09/2020	Pals	3749	Marc en Pals a 22/09/2020 (vuelo de prueba).
22/09/2020	Pals	3752	Efectuada inspección de 200h de motor y célula, según las pautas del manual de mantenimiento
01/10/2020	Pals	3764	Instalación nuevo cableado eléctrico y sensores motor (un día)
04/01/2021	Olocau	3852	Cambio aceite 100h y filtros

*Ilustración 5: Revisiones de mantenimiento realizadas en la aeronave*

La primera revisión de la tabla se efectuó con el cambio de propietario.

### 1.6.4. Manual de vuelo

El manual de vuelo establece el siguiente procedimiento sobre un fallo de motor en su sección 3 (Procedimientos de emergencia):

**“FALLO DE MOTOR DURANTE EL DESPEGUE**

1. Mando de gases: mínimo (palanca toda fuera)
2. Palanca de freno: como corresponda
3. Interruptor de encendido: OFF
4. Flaps: desplegados
5. Llave interruptor general: OFF
6. Válvula de combustible: OFF

**FALLO DE MOTOR INMEDIATAMENTE TRAS EL DESPEGUE**

1. Buscar un lugar para aterrizar
2. Mando de gases: mínimo (palanca toda fuera)
3. Válvula de combustible: OFF
4. Interruptor de encendido: OFF
5. Flaps: como corresponda
6. Llave interruptor general: OFF
7. Aterrizaje con las alas niveladas

**ATERRIZAJE FORZOSO SIN MOTOR**

1. La velocidad óptima de planeo es de 110 km/h
2. Identificar el terreno más adecuado para un aterrizaje de emergencia, a ser posible contra el viento
3. Válvula de combustible: OFF
4. Interruptor de encendido: OFF
5. Apretar el cinturón de seguridad; desbloquear las puertas de la cabina
6. Flaps: como corresponda
7. Cuando se esté seguro de que se va a aterrizar, llave interruptor general OFF”

El manual de vuelo especifica, en la lista de comprobación pre-vuelo, que ambas válvulas de combustible deben estar en ON. Luego, en la parte de operación de crucero, hay una nota que especifica lo siguiente:

*“Compensar un consumo asimétrico de los depósitos de combustible, actuando sobre las válvulas que se encuentran en cabina.”*

En cuanto al procedimiento de aterrizaje, el manual, en el apartado 4 (Procedimientos de operación), dice lo siguiente:

**“ATERRIZAJE**

- I. Encender el faro de aterrizaje (si hay).
- II. Control final de la pista e iniciar el circuito de descenso.
- III. Desplegar gradualmente los flaps hasta el máximo de 35°.
- IV. Velocidad óptima de contacto 70 km/h.
- V. Aterrizaje y rodaje.
- VI. Flaps a 0°.
- VII. Freno de estacionamiento ON.
- VIII. Apagar el faro de aterrizaje, las luces de posición y la luz estroboscópica.”

Por último, en el apartado 5 (Actuaciones), se encuentra la gráfica de la carrera de aterrizaje según peso para flaps 35°, motor al ralentí, viento nulo y pista de hierba seca sin pendiente (ver Ilustración 6). En línea continua está la distancia de aterrizaje tras superar un obstáculo de 15 m de altura, y en discontinua, el recorrido en pista.

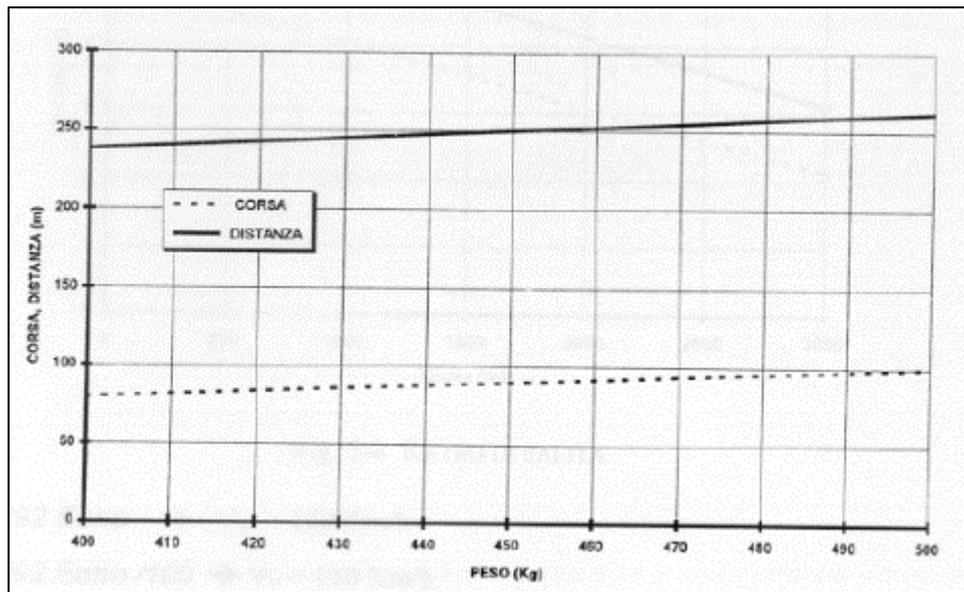


Ilustración 6: Distancia y recorrido de aterrizaje del Tecnam P92 ECHO-S

El manual de vuelo especifica una velocidad óptima de contacto de 70 km/h para operaciones normales con flaps 35°. Sin embargo, el titular de la aeronave e instructor de la escuela manifestó que la velocidad que ellos enseñan para el tramo final en configuración de aterrizaje es de 90-95 km/h.

### 1.7. Información meteorológica

Según el informe de AEMET, el viento previsto en superficie en el área del accidente era flojo y de componente este-sureste, corroborado por las estaciones más cercanas (la más cercana está situada en Lliria, a 9 km del aeródromo). A partir de imágenes de satélite, se observó un cielo cubierto en gran parte con nubes bajas (con base entre 2000 y 5000 ft).

En cuanto a estaciones privadas, existe una estación meteorológica en el propio aeródromo de Olocau, situada a una altitud de 207 m. Esta estación registró, a la hora aproximada del aterrizaje (entre las 13:20 y 13:30), un viento de unos 8 km/h de dirección este-noreste con rachas máximas de 15 km/h. La humedad relativa fue del 57%, la temperatura de 15 °C y una presión de 1024 hPa.

Los pilotos que volaron ese día declararon que la meteorología era favorable (sin vientos fuertes ni limitaciones visuales), aunque con nubes ocasionales.

### 1.8. Ayudas para la navegación

No aplicable.

### 1.9. Comunicaciones

No se realizaron comunicaciones por radio los minutos antes del accidente.

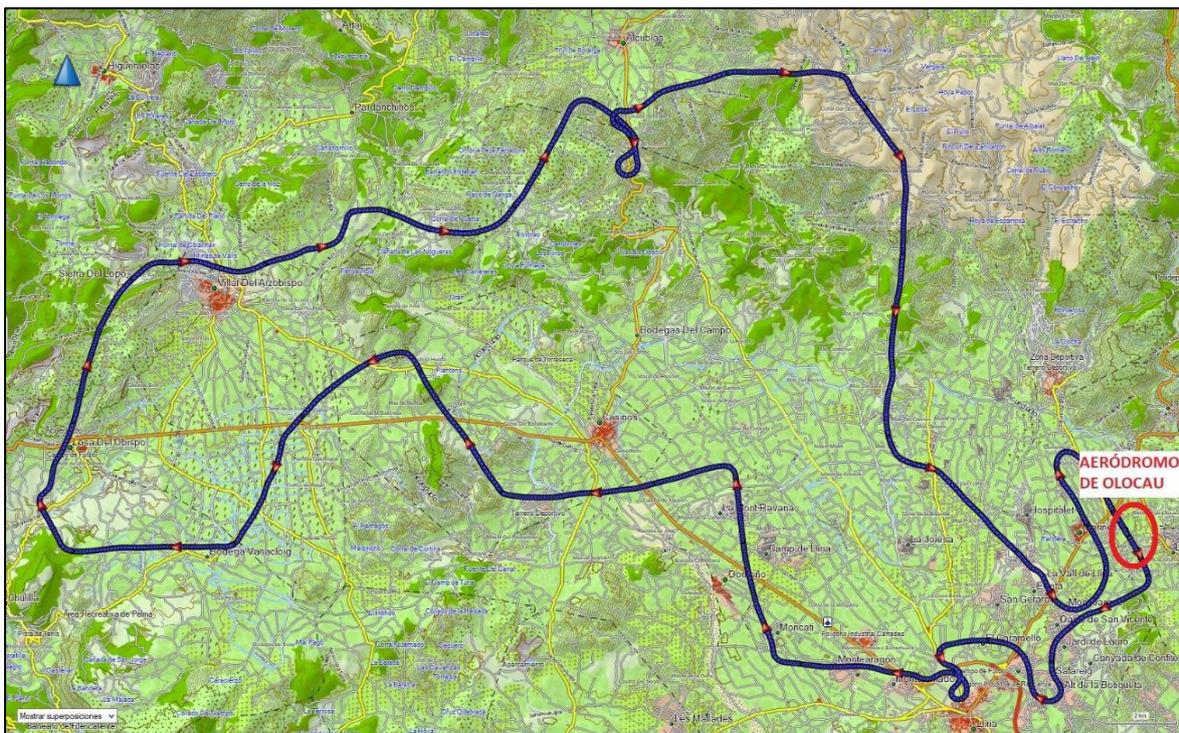
### 1.10. Información de aeródromo

El aeródromo de Olocau, restringido y de titularidad privada, está ubicado en la provincia de Valencia. Las coordenadas del punto de referencia de aeródromo son 39° 40' 27,6" N y 0° 32' 54,6" W. Su elevación es de 207 m. Las comunicaciones se realizan con la frecuencia de radio 130,125 MHz (126,750 para comunicar con Betera).

Tiene una pista de hierba con designación 15 – 33, de 200 m de longitud declarados (y 225 m de prolongación de pista en cada extremo, obteniendo una longitud total de 650 m), y 15 m de ancho.

La actividad principal del aeródromo es el vuelo recreativo de aeronaves ultraligeras.

### 1.11. Registradores de vuelo



*Ilustración 7: Traza GPS del vuelo accidentado*

La aeronave lleva un sistema electrónico de instrumentos de vuelo (EFIS) que es capaz de registrar diversos parámetros del vuelo y del motor (registrando los valores una vez por segundo). El modelo de este sistema es el 'Stratmaster XTreme-EMS'. Del examen de los datos registrados por EFIS, se han podido extraer las siguientes conclusiones:

- En el archivo de registro de datos, había información sobre los últimos vuelos de la aeronave, pero no se habían grabado todos los vuelos, ya que del día en cuestión sólo se había grabado el vuelo accidentado, y no los otros dos. También había grabado otros vuelos (uno del día anterior, de una semana antes e incluso de hasta un año antes). Sin embargo, de estos vuelos sólo se había grabado una parte (generalmente los últimos minutos antes del aterrizaje, por lo que el despegue no estaba registrado).

- Aunque los valores de la presión de combustible aparecían en el EFIS y había una alarma activada para cuando la presión descendiera de 0,2 bares, el registrador no grabó estos valores, mostrando siempre el valor de presión de combustible como 0. Sin embargo, sí se grabó el flujo de combustible a partir de un caudalímetro instalado en la aeronave. Este era de unos 21-23 l/h en el despegue, de 14-15 l/h en vuelo de crucero, y unos 5 l/h en régimen de descenso (aunque llegó a bajar incluso a 0 l/h en momentos puntuales).
- A las 13:17 se para el motor durante 25 segundos, descendiendo a 0 las revoluciones por minuto del motor registradas (ERPM). En ese momento la aeronave se encontraba al final del tramo base del circuito de aeródromo (a 106 km/h, 482 m de altitud y a 2233 m de distancia a la pista). Mientras el motor estuvo parado, la velocidad indicada descendió hasta 86 km/h y la altitud a 421 m. Una vez encendido de nuevo el motor (a 1521 m de la cabecera de pista), el piloto aumentó potencia hasta acelerar a 120 km/h, velocidad que mantuvo durante gran parte de la aproximación final. Al alcanzar 120 km/h, el piloto puso el motor al ralentí y siguió el descenso (esto ocurrió 23 segundos después de encender de nuevo el motor, y 35 antes de la toma de contacto). Desde el encendido del motor hasta que la aeronave se queda parada tras el aterrizaje, pasaron 71 segundos.
- A las 13:18:25 (33 segundos después del reencendido del motor), el piloto comienza a hacer un resbale pronunciado, con la intención de incrementar la senda de descenso. En ese momento se encuentra a 343 m de altitud, a 500 metros de la pista, y a una velocidad de 117 km/h. Al principio la IAS desciende hasta 110 km/h, pero luego vuelve a acelerarse hasta alcanzar los 130 km/h, momento en el que finaliza la maniobra, encontrándose ya sobrevolando la pista, a 25 m de altura.
- Normalmente hay una relación directa entre las ERPM y el flujo de carburante, e inversa con la presión de admisión (MAP), que está relacionada con la posición de la palanca de gases. Sin embargo, hay una anomalía con el flujo de carburante los 70 segundos antes de que se apague el motor. En el segundo 13:16:15 (momento en el que el motor está a 4400rpm con un flujo de carburante de 14 l/h), el flujo de combustible empieza a bajar sin haber cambio en las ERPM (el cambio en el flujo normalmente ocurre unos 7 segundos después del cambio en las revoluciones). Tampoco hay un cambio en la MAP. El flujo baja hasta 2 (debería ser 14 l/h) y luego empieza a subir de nuevo. Sube hasta 32 (cuando a máximas rpm debería estar alrededor de los 23 l/h) y es en ese momento cuando las rpm empiezan a bajar hasta llegar a 0 10 s después.
- La Tª exterior mínima continuada registrada por la aeronave fue de 6°C. En el momento de pararse el motor registró una Tª exterior de 10°C, y una vez detenido en la pista registró 12°C.
- El combustible registrado en el EFIS al principio del vuelo era 34 l, y cuando acabó era 24, por lo que, según eso, se consumieron 10 l durante el vuelo. El valor inicial de combustible es algo que debe introducirse manualmente en el EFIS al repostar y después es calculado automáticamente a partir del gasto de combustible, por lo que el valor inicial no es muy fiable (según la declaración del titular de la aeronave, la medida real suele tener un error de  $\pm 10$  l sobre el valor del EFIS. El titular de la aeronave manifestó que, posteriormente al accidente, al extraer el combustible de los depósitos, fue capaz de extraer unos 10 l.

- Varios de los virajes pronunciados de la aeronave se realizan de manera descoordinada, provocando que la bola <sup>2</sup> no esté centrada, (generalmente desplazada a la derecha, llegando a valores cercanos al máximo valor medible, 50). Durante la mayoría de estos virajes la aeronave pierde altitud, al llevar el morro ligeramente inclinado hacia abajo y no compensar el piloto por la disminución de sustentación al virar.
- Durante una gran parte del vuelo, incluso aunque la aeronave fuera en trayectoria rectilínea, se aprecia que la bola está desplazada a la derecha. La duración entre el despegue y el momento en que se para el motor fue de 2579 segundos. De ese tiempo, la bola se encontró en un valor mayor de 10 durante 1198 s, menor de -10 durante 144 s y 1237 s entre 10 y -10 (ver Ilustración 8 para ver los segundos que se registró la bola en cada posición entre -50 y 50).

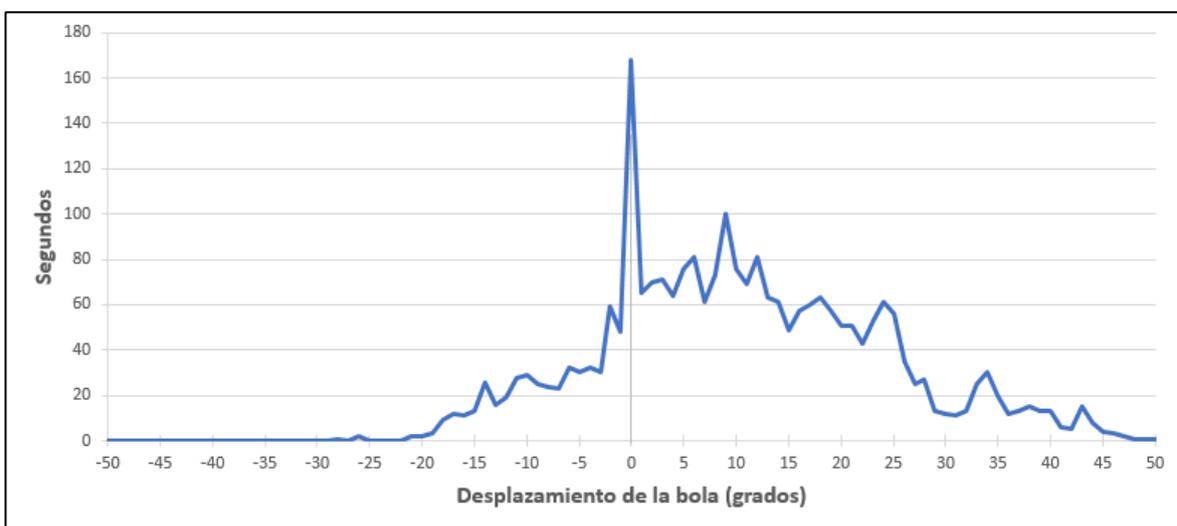


Ilustración 8: Tiempo que se registró cada posición de la bola (negativo izquierda, positivo derecha)

Para comparar con los otros vuelos registrados, se incluye a continuación una tabla con el total de segundos grabados de las aeronaves en vuelo (descontando el tiempo que están en tierra), y en cuántos de esos segundos se registró la bola con un valor mayor que 10 (ya sea a izquierda con valores negativos, o a derecha con valores positivos). Se puede observar que el vuelo del 06/02/2021 es el único, a parte del accidentado, en el que hay un porcentaje de tiempo alto en el que la bola está desplazada más de 10 para un lado u otro. Sin embargo, lo que se grabó de este vuelo es únicamente los últimos minutos antes de aterrizar, que fueron en línea recta.

<sup>2</sup> La bola (también llamado indicador de coordinación de viraje) es un instrumento de medición consistente en una bola inmersa en un cilindro relleno con un líquido, que tiene libertad para desplazarse en la dirección transversal del avión cuando es afectada por fuerzas de inercia. Se utiliza para saber cuándo un giro se ha realizado de manera coordinada. El registrador de datos de la aeronave registraba este valor como porcentual, con un rango que iba del -50 (izquierda) a 50 (derecha).

Vuelo	segundos totales grabados	Menor que -10º		Mayor que 10º		Entre -10 y 10 inclusive	
		segundos	% tiempo	segundos	% tiempo	segundos	% tiempo
06/03/2021	2579	144	5.6	1198	46.5	1237	48.0
05/03/2021	1408	54	3.8	36	2.6	1318	93.6
13/07/2021	986	26	2.6	41	4.2	919	93.2
06/02/2021	609	138	22.7	9	1.5	462	75.9
01/10/2020	3095	155	5.0	3	0.1	2937	94.9
23/09/2020	1034	12	1.2	3	0.3	1019	98.5

*Ilustración 9: Comparación de desviación de bola con los vuelos anteriores registrados*

- Adicionalmente, los 2 minutos anteriores al comienzo del descenso en el flujo de combustible, la bola estaba desplazada a la derecha más de 10. Además, los 3 minutos anteriores a la parada del motor, la bola estuvo por encima de 20, llegando a un valor máximo de 44 y con una media de 30.
- La Tª del refrigerante (llamada H2OT en el registro) tuvo un pico de 93°C aproximadamente un minuto después del despegue (a las 12:35), y un mínimo de 65°C. Sin embargo, durante la mayoría del vuelo se mantuvo sobre los 80°C. La Tª bajó dos veces de 70°C: la primera a las 13:11 durante unos 100 segundos, y la segunda a las 13:14 durante un minuto aproximadamente.
- Otra Tª registrada fue la llamada TC6 en el registro, que fue parecida a la anterior, pero registrando valores entre 2 y 4 grados más altos. También bajó por debajo de 70°C en dos ocasiones: la primera a las 13:11 durante unos 30 segundos, y la segunda a las 13:15 durante 16 segundos.
- En el EFIS, la alarma para baja temperatura de refrigerante estaba activada y el umbral establecido era de 70°C. El titular de la aeronave declaró que esta alarma se empleaba para ayudarles a decidir cuánta superficie libre del radiador dejar al impacto del aire (y así refrigerar más o menos el motor, dependiendo de las condiciones exteriores del vuelo), y que no supone ningún riesgo para el vuelo el que se active (de hecho, ya se había activado más veces en vuelos anteriores).

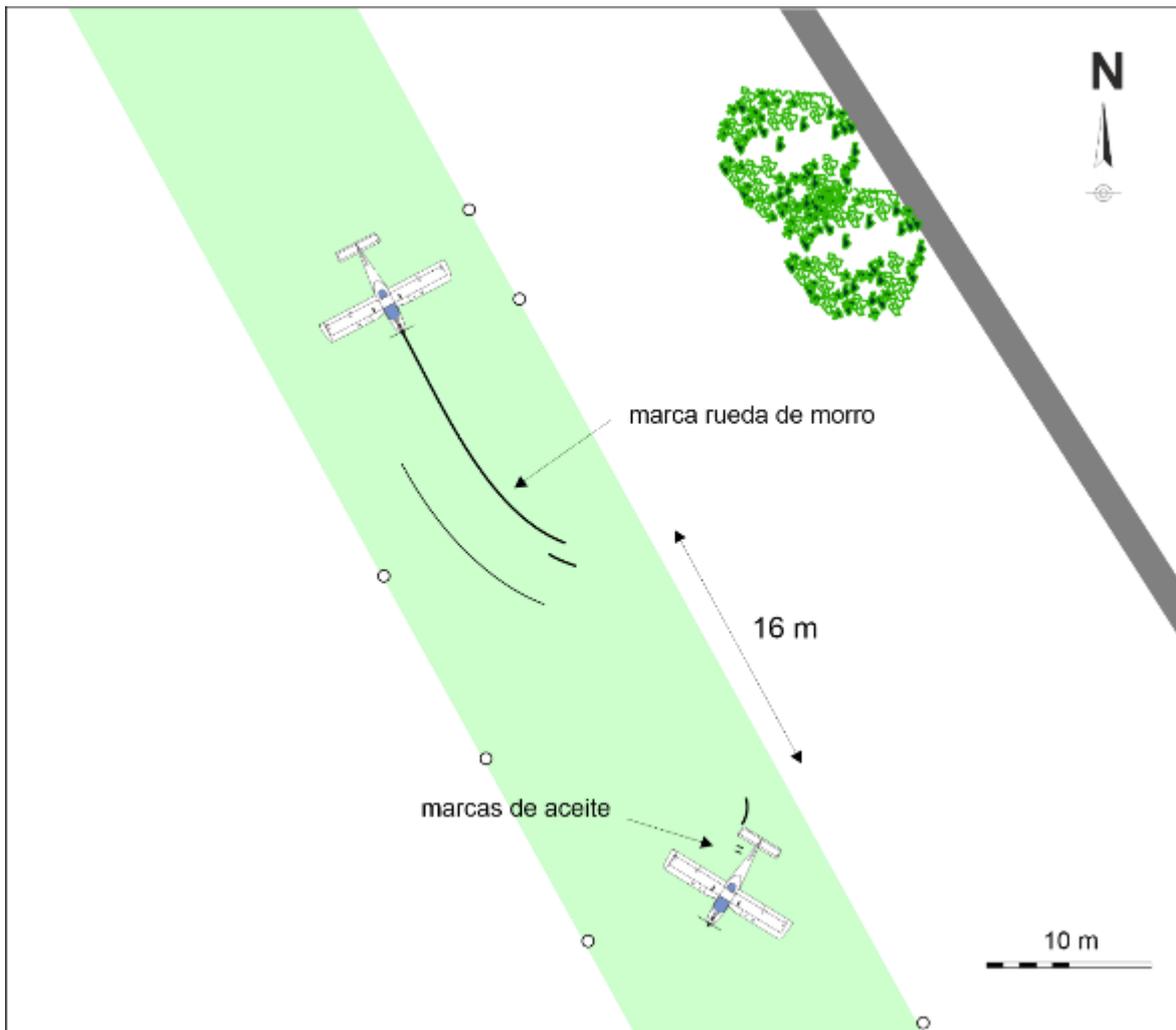
### **1.12. Información sobre los restos de la aeronave siniestrada y el impacto**

Cuando el equipo investigador se desplazó al lugar del accidente, los restos de la aeronave ya habían sido retirados y trasladados a un hangar del aeródromo de Olocau.



*Ilustración 10: Estado de la aeronave al llegar el equipo investigador*

Cuando la aeronave se detuvo en la pista, se había roto la pata de morro (plegándose, pero sin separarse) y se había desprendido la pata derecha, por lo que la aeronave estaba inclinada y la punta del plano derecho estaba en contacto con el suelo (habiendo sufrido una deformación local en la zona de contacto). Se observaron restos de tierra en la pata de morro plegada y en la punta del plano derecho. Las dos palas de la hélice se habían partido.



*Ilustración 11: Marcas encontradas en la pista de aterrizaje y posición final de la aeronave*

Se encontraron varias marcas en la pista de hierba dejadas por la aeronave en el aterrizaje (ver Ilustración 11). La primera marca encontrada comenzaba centrada en la pista (en el punto de coordenadas  $39^{\circ}40'26.31''$  N y  $0^{\circ}32'52.45''$  W) y se alargaba 16 m. En el segundo tercio empezaba a desviarse a la izquierda con respecto al eje de pista. Otra marca más corta de 1,7 m de longitud, paralela a la anterior y a una distancia de 1 m, aparecía en la última parte. Había una tercera marca paralela a las 2 anteriores y que se desviaba de la misma forma, a 4,20 m de distancia de la marca más corta.

Había una segunda zona de marcas, 16 m más avanzadas en la pista que las anteriores, coincidentes con la zona donde se detuvo la aeronave (según los testigos y las fotos tomadas antes de la retirada de la aeronave). En esta zona había una marca de 70 cm de largo con forma curva y haciendo unos  $45^{\circ}$  con el eje de pista, y otra que eran dos marcas paralelas con manchas de aceite, cuya separación coincidía con la separación de las aletas del radiador del motor.

Según la declaración del jefe de vuelos del aeródromo, presente en el momento del accidente, cuando se acercó a ayudar se percató de que las válvulas de ambos depósitos de combustible estaban abiertas, así que las cerró. Consideró que pudieron pasar unos 3 minutos desde que la aeronave se detuvo hasta que cerró las válvulas. También manifestó que vio a la aeronave tocar la pista y volver al aire al menos dos veces, siendo el primero aproximadamente en la mitad de la pista (ver Ilustración 12). A partir del segundo contacto, dejó de ver a la aeronave.

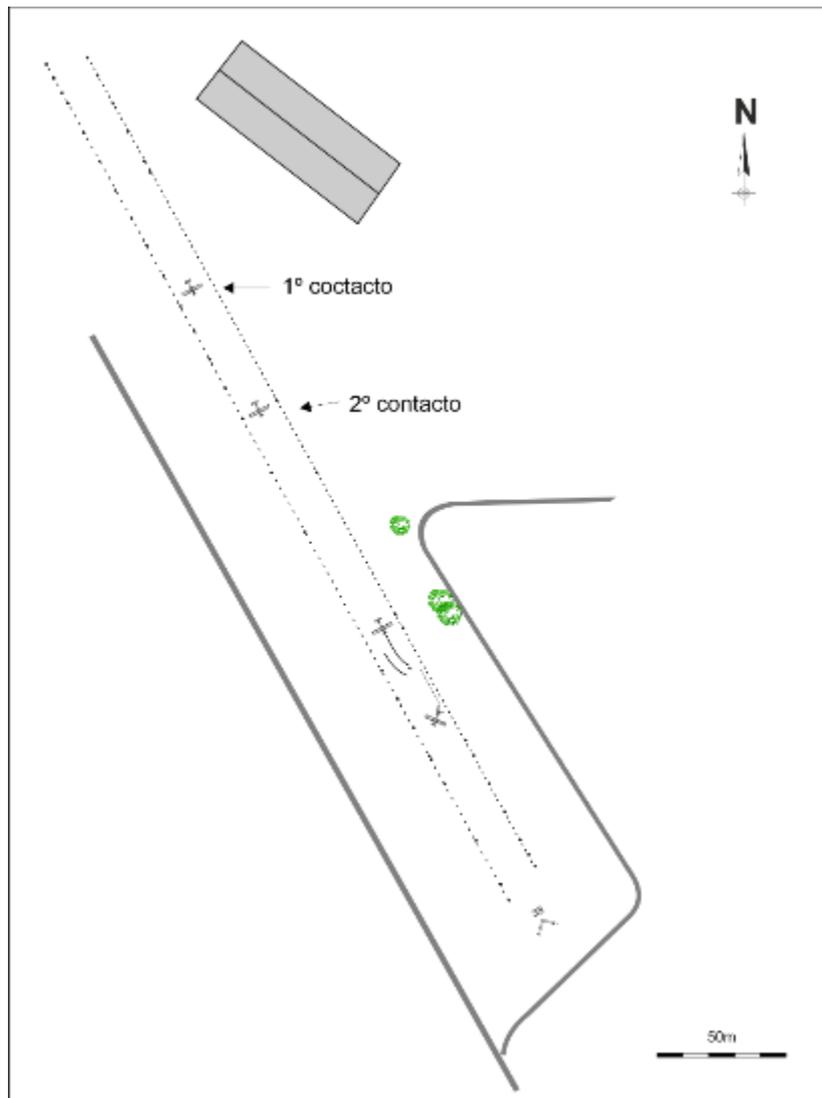


Ilustración 12: Puntos de contacto de la

### 1.13. Información médica y patológica

No hay constancia que factores fisiológicos o incapacidades pudiesen haber afectado a la actuación del piloto.

### 1.14. Incendio

No se produjo incendio.

### 1.15. Aspectos relativos a la supervivencia

La cabina conservaba su forma, sin sufrir ninguna deformación. Los asientos estaban en sus carriles y los cinturones estaban intactos, las correas no se habían deshilachado. Los sistemas de retención funcionaron correctamente por lo que el piloto y el acompañante resultaron ilesos y pudieron salir por sus medios de la aeronave.

### 1.16. Ensayos e investigaciones

#### 1.16.1. Inspección del avión

En la inspección del motor se evidenció que, en lugar del tornillo tarado del conducto de retorno del combustible, se había instalado un tornillo seccionado. Haciendo una prueba de presión sobre el conducto se evidenció que ésta descendía muy lentamente, por lo que se pudo concluir que, a efectos prácticos, el conducto de retorno estaba bloqueado. El mecánico actual de la aeronave declaró que eso lo instaló el anterior propietario y no se descubrió en las revisiones que había hecho.



*Ilustración 13: Restricción original de Tecnam (izquierda) – Tornillo seccionado (derecha)*

Según el manual de mantenimiento del motor Rotax 912, los conductos de combustible aguas abajo de la bomba mecánica deben estar cubiertos de aislante para evitar que el combustible se sobrecaliente y pueda experimentar efectos como el tapón de vapor ('Vapor Lock'), especialmente si están situados encima del motor. Al inspeccionar el sistema de combustible se evidenció que varios de los conductos no lo estaban, incluso algunos colocados por encima del bloque del motor, que es donde más calor podrían recibir.



*Ilustración 14: Conductos del sistema de combustible*

### 1.16.2. Posibilidad de trasvase de combustible

Es razonable pensar que, para valores de la bola mayores de 10 de manera continuada en vuelo, pudo empezar a haber trasvase de combustible del depósito izquierdo al derecho, o al menos un consumo mayor en el depósito izquierdo.

También es razonable pensar que, para altos valores de bola de manera continuada y en caso de haber poco combustible en el depósito, este se pudiera desplazar de tal modo que dejase al descubierto la toma del depósito.

### 1.17. Información sobre organización y gestión

Esta aeronave era una co-propiedad entre 14 personas, siendo el titular el propietario e instructor de la escuela de ultraligeros del aeródromo. Muchas de estas personas habían obtenido la licencia en esa escuela. El titular era el encargado del mantenimiento y repostaje de combustible cuando la aeronave se encontraba en el aeródromo, según declaraciones de los co-propietarios. También elaboraba recorridos para que estos puedan practicar la navegación, al intentar recorrer los puntos planeados con la mayor precisión posible. Éste es el caso del vuelo accidentado, donde el piloto siguió la ruta planificada por el antiguo instructor.

La aeronave era utilizada, aparte de por los co-propietarios, por la escuela en caso de necesidad, aunque los vuelos de ese día fueron privados.

El titular manifestó que ya habían tenido en el pasado un problema de baja presión de combustible en la misma aeronave. Declaró también usar, como combustible para la aeronave, gasolina 95 en invierno y gasolina 98 en verano (en el vuelo accidentado se usó gasolina 95).

#### Gestión de combustible realizada por los propietarios:

El día del accidente, ninguno de los tres pilotos que volaron en la aeronave ese día repostaron combustible (todos ellos antiguos alumnos de la escuela de la que era instructor el titular de la aeronave). El primero manifestó que había avisado al titular para que repostase el día anterior. Según la declaración de cada uno, la evolución del combustible en los depósitos fue la siguiente:

- El primer piloto estimó (mirando directamente en los depósitos) que el depósito izquierdo estaba por debajo de la mitad, y el derecho por encima de la mitad, y no recuerda bien cómo fue su gestión de los depósitos una vez en vuelo.
- El segundo piloto declaró que, al chequear el combustible, vio que el depósito izquierdo tenía mucha menos gasolina que el derecho, por lo que tras despegar cerró la válvula de corte del depósito izquierdo.
- El piloto que sufrió el accidente declaró que llamó para preguntar si el combustible era suficiente para el vuelo que tenía planificado realizar, recibiendo respuesta afirmativa. Declaró que el tanque izquierdo estaba en menos de  $\frac{1}{4}$  y el derecho entre  $\frac{1}{3}$  y  $\frac{1}{2}$ . Al despegar abrió ambas válvulas de paso y ya no las cerró en todo el vuelo, aduciendo que así tendría combustible suficiente. Declaró también que, en el momento de sonar la alarma por primera vez, al chequear las medidas de los relojes vio que las agujas de los aforadores estaban moviéndose, por lo que pensó que aún le quedaba combustible en ambos depósitos (aunque el izquierdo estaba muy cerca del 0).

### **1.18. Información adicional**

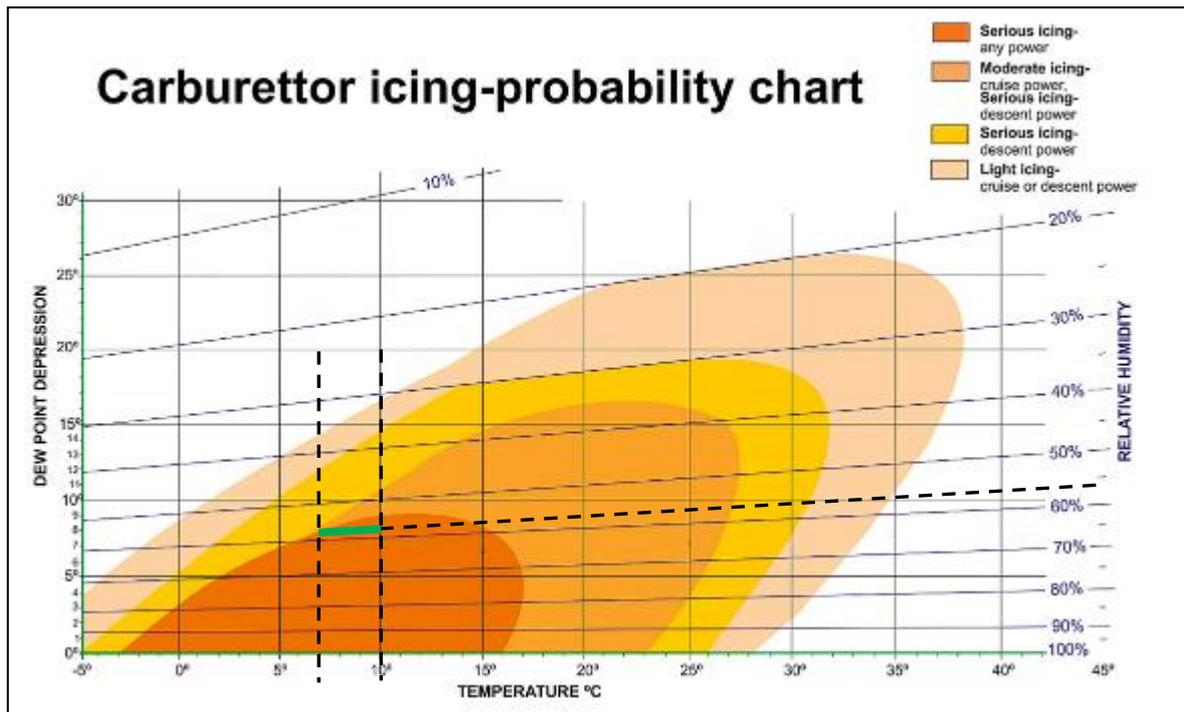
#### **1.18.1. Posibilidad de engelamiento en el carburador**

Una razón por la que puede pararse un motor es por formación de hielo en el carburador. Para ello se deben cumplir unas condiciones de baja temperatura, humedad y puede ser favorecido por encontrarse el avión descendiendo (con consumo bajo de combustible). Para estimar la posibilidad de formación de hielo, se puede usar la gráfica de la Ilustración 15. Se van a introducir los siguientes datos:

- La  $T^a$  se obtiene del registrador de datos de la aeronave (que los minutos antes de la parada del motor aumentó gradualmente de  $7^{\circ}$  a  $10^{\circ}$ ).
- Los datos de humedad se obtienen de la meteorología local en Olocau ( $T^a$  de  $15^{\circ}\text{C}$ , humedad relativa de 57% y  $T^a$  de rocío de  $6,5^{\circ}\text{C}$ ). Se asume que la humedad encontrada por el avión en los últimos minutos se encontraría en un valor parecido o mayor, ya que la humedad relativa aumenta con la altitud hasta el nivel de condensación (en cuyo caso la probabilidad de formación de hielo aumentaría).

Usando los valores anteriores, se obtiene un cuadrado en cuyo interior se encontraría la estimación de la probabilidad de formación de hielo. Teniendo en cuenta que la aeronave

estaba además en potencia de descenso, se comprueba que en el área del cuadrado la probabilidad de formación de hielo en el carburador es considerable.



*Ilustración 15: Gráfica de probabilidad de formación de hielo en el carburador*

La aeronave no disponía de calefacción de carburador para disminuir los efectos de este fenómeno.

### 1.19. Técnicas de investigación especiales

No requeridas.

## 2. ANÁLISIS

### 2.1. Coordinación de virajes durante el vuelo

Se considera que la bola está apreciablemente descentrada a partir de un valor de 10 sobre 50 (que es cuando se produciría un consumo mayor en un depósito comparado con el otro y un posible trasvase). Se ha podido comprobar que el piloto llevaba la aeronave con la bola inclinada a la derecha durante una gran parte del tiempo de vuelo (el 45% del total), que era mucho mayor que el tiempo que llevaba la bola a la izquierda (el 5,6% del total). En los vuelos anteriores registrados por el EFIS (ver Ilustración 9), el tiempo con desviación pronunciada no pasa del 5% para cada lado (no notándose un gran desequilibrio entre un lado y otro), excepto el vuelo del 06/02/2021. Sin embargo, en este vuelo sólo se grabaron los 10 últimos minutos, coincidentes con una aproximación rectilínea, por lo que la desviación probablemente se debió a la compensación de viento cruzado que sufría la aeronave.

Por tanto, se puede establecer que esta descoordinación no fue provocada por un defecto de la aeronave o una desviación del instrumento de medición. También se puede descartar la influencia del viento cruzado pues el vuelo fue local (con ida y regreso). Se concluye pues que la descoordinación detectada continuada fue inducida por el piloto.

### 2.2. Gestión de combustible

El piloto dejó ambos depósitos abiertos durante todo el vuelo. El manual indica abrir las llaves de paso para el despegue, pero luego especifica que se deben abrir o cerrar para compensar el consumo diferencial entre ambos depósitos, y de este modo mantener el peso del combustible equilibrado. Sin embargo, el piloto accidentado no pareció haber interiorizado este hecho al creer que, dejando ambos depósitos abiertos durante todo el vuelo, se aseguraba no tener problemas de combustible. Esto puede ser un problema cuando uno de los depósitos está bajo de combustible (hecho del que era consciente el piloto), ya que puede llegar a no cubrir la toma del depósito, y permitir entrar aire en el circuito de combustible.

### 2.3. Causas de la parada de motor

Los puntos de partida para analizar las posibles causas de la parada de motor que se encontraron durante la investigación son los siguientes:

- El piloto pudo arrancar el motor segundos después de que se parase, por lo que el problema debió ser momentáneo.
- Había condiciones de riesgo para la formación de hielo en el carburador (alta humedad y baja T<sup>a</sup>).
- Se pudo detectar una disminución de flujo de carburante el último minuto antes de la parada de motor, seguida por un aumento muy grande del flujo. Durante esta variación no hubo ningún cambio en las ERPM ni en la presión de admisión, por lo que no estaba relacionado con un accionamiento de la palanca de potencia.
- Quedaban unos 10 l de combustible en el depósito derecho tras el accidente.
- El piloto había volado de manera descoordinada una gran parte del vuelo. En particular, los minutos antes de la parada del motor, también había tenido una

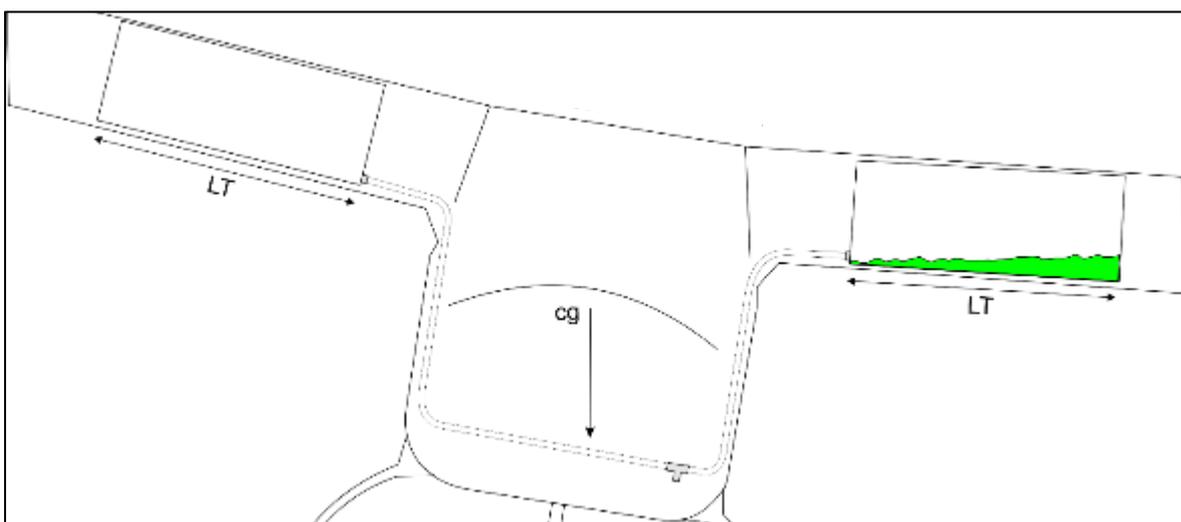
descoordinación pronunciada, y se ha razonado que esto podría producir trasvase de combustible de un depósito a otro.

- Anomalías encontradas en la inspección del motor:
  - El retorno de combustible al depósito estaba prácticamente bloqueado.
  - Algunos conductos de combustible posteriores a la bomba no estaban aislados térmicamente, contrario a lo recomendado por el manual del motor.

Se han analizado posibles causas, y se ha descartado la formación de hielo en el carburador, por no haber una disminución de la presión de admisión antes de la parada; el agotamiento de combustible por haber podido extraer unos 10 litros de los depósitos tras el accidente; el 'vapor lock' por la baja temperatura en el motor durante el vuelo.

Se concluye que lo más probable es que el fallo de motor se debiera a una falta temporal de suministro de combustible a los carburadores, debida a la acumulación de aire en los conductos de combustible. Hay dos efectos que pudieron causarlo, tanto de forma individual, como una combinación de ambos:

- Pilotar de manera descoordinada durante mucho tiempo y con poco combustible en los depósitos puede provocar la introducción paulatina de burbujas de aire en los conductos de combustible. Tener el conducto de retorno de combustible bloqueado dificulta su eliminación y puede favorecer la acumulación de aire en los conductos.
- Al tener más combustible en el depósito derecho que en el izquierdo e ir descoordinado reiteradamente hacia la derecha, probablemente provocó que al final del vuelo el depósito izquierdo estuviese prácticamente vacío, mientras que el derecho tendría la mayor parte de los 10 l restantes. Como los 3 minutos antes de la parada del motor la descoordinación hacia la derecha fue especialmente pronunciada y mantenida, el combustible restante se desplazó hacia la punta del plano y dejó las tomas de ambos depósitos al aire durante un tiempo considerable.



*Ilustración 16: Representación de cómo pudieron haberse quedado las tomas al aire*

## 2.4. Actuaciones del piloto tras la parada del motor

En el momento de la parada de motor, el piloto declaró buscar zonas alternativas para aterrizar, pero no siguió el procedimiento de emergencia del manual de aterrizaje forzoso sin motor. El primer punto del procedimiento es ajustarse a la velocidad óptima de planeo, 110 km/h, para poder alcanzar la máxima distancia horizontal posible. Sin embargo, la velocidad de la aeronave tras la parada fue descendiendo desde 106 km/h, hasta 86 km/h, momento en el que consiguió el reencendido.

No obstante, encontrándose en el tramo final de aproximación a la pista 15 del campo de Olocau, mientras evaluaba los posibles campos alternativos, realizó el reencendido del motor, 25 segundos más tarde, a 421 m de altitud y a 1.521 m de la cabecera de pista.

Tras el reencendido, el piloto aplicó potencia y mantuvo una senda de descenso poco pronunciada, con la aeronave configurada para el aterrizaje con flaps a 35° y aproximando a la pista en el tramo final a una velocidad creciente desde 86 km/h hasta 120 km/h. Una vez alcanzada esa velocidad, redujo la potencia al mínimo. Sin embargo, estas actuaciones provocaron que la senda fuese muy alta y que la realizase a una velocidad excesiva. Unos 10 segundos después de reducir potencia, el piloto decidió realizar una maniobra de resbale para aumentar el ritmo de descenso. Al principio de la maniobra la velocidad descendió a 110 km/h, pero en seguida se aceleró y pasó de los 120 km/h. En este momento, según la declaración del propio piloto, decidió retraer los flaps por exceder la velocidad máxima recomendada para su uso por el fabricante. El hecho de quitar los flaps provocó un aumento aún mayor de la velocidad (que llegó hasta los 130 km/h) y un aumento en la tasa de planeo.

Por esa razón, el piloto no consiguió ajustar la toma al principio de la pista, volando sin posarse hasta casi la mitad de la misma. Al contactar con el terreno, lo hizo con una IAS de unos 120 km/h, 50 km/h por encima de la recomendada en el manual de vuelo. Esto propició un contacto con la pista con mucha energía, provocando que el avión se fuese de nuevo al aire, repitiendo este proceso al menos en dos ocasiones. Probablemente en el primer contacto se produjesen daños en la unión del tren de aterrizaje al fuselaje. Por las marcas encontradas en la pista, probablemente se dobló primero la pata de morro y, posteriormente, la pata derecha, haciendo que cayera también el plano derecho sobre la pista, ayudando a decelerar la aeronave.

El piloto, a pesar de darse cuenta de que no estaba haciendo apropiadamente la aproximación, decidió no realizar un “motor y al aire”, por no saber la causa del fallo de motor, y por tanto si podría volver a ocurrir.

Analizando la información reflejada con anterioridad, se puede concluir que, al reencender el motor y aplicar potencia, el piloto empeoró la maniobra de aproximación en el tramo final, perdiendo menos altura sobre el terreno y llevando una velocidad de aproximación excesiva (muy superior a los 90-95 km/h que enseñaba su instructor), agravado todo por la retracción de los flaps cerca del final de la aproximación.

### **3. CONCLUSIONES**

#### **3.1. Constataciones**

- Durante el vuelo, se activaron dos alarmas que no fueron identificadas por el piloto.
- Al finalizar el tramo base, el motor se paró. El piloto fue capaz de arrancarlo de nuevo tras 30 segundos.
- Se detectó una interrupción en el flujo de combustible que duró unos segundos poco antes de la parada del motor.
- El vuelo se realizó de una forma descoordinada, estando la bola inclinada considerablemente hacia la derecha durante casi la mitad del tiempo de vuelo, y en especial los tres minutos anteriores a la parada del vuelo.
- El conducto de retorno de combustible a los depósitos se hallaba bloqueado.
- El piloto realizó una maniobra de aproximación con demasiada altura y velocidad, pero aun así decidió no realizar una maniobra de motor y al aire.
- Durante el aterrizaje se partió la pata de morro y se desprendió la pata derecha del tren de aterrizaje.

#### **3.2. Causas/factores contribuyentes**

La investigación ha determinado que la causa del accidente fue realizar una aproximación final con exceso de velocidad y altura, tras la parada y reencendido del motor al final del tramo base. Esta parada fue causada a su vez por una interrupción temporal en el flujo de combustible, debida probablemente a acumulación de aire en los conductos.

Se consideran causas probables de la parada del motor las siguientes:

- Bloqueo del conducto de retorno del sistema de combustible de la aeronave.
- Inadecuada gestión del carburante antes y durante el vuelo, unido a la realización de un vuelo descoordinado de manera continuada.

#### **4. RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD OPERACIONAL**

No se emiten recomendaciones de seguridad