

CIAIAC

COMISIÓN DE
INVESTIGACIÓN
DE ACCIDENTES
E INCIDENTES DE
AVIACIÓN CIVIL

Informe técnico ULM A-007/2017

Accidente ocurrido el día 9 de abril de 2017, a la aeronave ULM ICP SAVANNAH, matrícula EC-ES1, en las proximidades del aeródromo restringido de Sant Feliú de Buixalleu (Girona)



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE FOMENTO

Informe técnico

ULM A-007/2017

Accidente ocurrido el día 9 de abril de 2017, a la aeronave ULM ICP SAVANNAH, matrícula EC-ES1, en las proximidades del aeródromo restringido de Sant Feliú de Buixalleu (Girona)



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE FOMENTO

SUBSECRETARÍA

COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN
DE ACCIDENTES E INCIDENTES
DE AVIACIÓN CIVIL

© Ministerio de Fomento
Secretaría General Técnica
Centro de Publicaciones

NIPO Línea: 161-18-070-X

NIPO Papel: 161-18-069-7

Deposito Legal: M-10580-2018

Maquetación: David García Arcos

Impresión: Centro de Publicaciones

COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACIÓN CIVIL

Tel.: +34 91 597 89 63
Fax: +34 91 463 55 35

E-mail: ciaiac@fomento.es
<http://www.ciaiac.es>

C/ Fruela, 6
28011 Madrid (España)

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. 5.5 del Reglamento (UE) n.º 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, 4 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

ABREVIATURAS	vi
Sinopsis	vii
1. INFORMACION FACTUAL	1
1.1 Antecedentes del vuelo	1
1.2 Lesiones personales.....	2
1.3 Daños a la aeronave.....	2
1.4 Otros daños	2
1.5 Información sobre el personal	2
1.6 Información sobre la aeronave	3
1.6.1. Información general.....	3
1.6.2. Peso de la aeronave en el vuelo del accidente.....	4
1.6.3. Información sobre el motor	5
1.6.4. Registro de mantenimiento	5
1.7. Información meteorológica	6
1.7.1. Situación general	6
1.7.2. Situación en la zona del accidente.....	7
1.8 Ayudas para la navegación.....	8
1.9 Comunicaciones.....	8
1.10 Información de aeródromo.....	8
1.11 Registradores de vuelo	9
1.12 Información sobre los restos de la aeronave siniestrada y el impacto.....	9
1.13 Información médica y patológica.....	10
1.14 Incendio.....	11
1.15 Aspectos relativos a la supervivencia.....	11
1.16 Ensayos e investigaciones	11
1.16.1. Declaración del piloto	11
1.16.2. Descripción del sistema de encendido del motor	12
1.16.3. Inspección del motor.....	12
1.17 Información sobre organización y gestión.....	14
1.18 Información adicional.....	15
1.19 Técnicas de investigación útiles o eficaces	16
2. ANALISIS	17
2.1. Análisis de los restos de la aeronave y de los impactos.....	17
2.2. Análisis del fallo de motor	17
2.3. Análisis de la aproximación al aeródromo de Sant Feliú de Buixalleu	19
2.4. Consideraciones respecto al modo de fallo encontrado en el módulo electrónico	20

3. CONCLUSIONES	22
3.1 Constataciones	22
3.2 Causas/factores contribuyentes	23
4. RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD OPERACIONAL	24

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
cm	Centímetro(s)
cm ³	Centímetro(s) cúbico(s)
g	Aceleración de la gravedad
h	Hora(s)
hPa	Hectopascal(es)
kg	Kilogramo(s)
kg/dm ³	Kilogramo(s)/decímetro(s) cúbico(s)
km	Kilómetro(s)
km/h	Kilómetro(s)/hora
kW	Kilovatio(s)
m/s	Metro(s)/segundo
m ²	Metro(s) cuadrados
MAF	Habilitación de multiejes de ala fija
mm	Milímetro(s)
N	Norte
NE	Noreste
NW	Noroeste
rpm	Revoluciones por minuto
s	Segundo(s)
s/n	Número de serie
SE	Sureste
TULM	Licencia de piloto de ultraligero
ULM	Ultraligero
UTC	Tiempo universal coordinado
V _A	Velocidad de maniobra
V _{FE}	Velocidad máxima de extensión de flaps
V _{NE}	Velocidad de nunca exceder
W	Oeste

Sinopsis

Propietario y Operador:	Privado.
Aeronave:	ICP Savannah
Fecha y hora del accidente:	Domingo, 9 de abril de 2017, 17:35 h
Lugar del accidente:	Cercanías del aeródromo restringido de Sant Feliú de Buixalleu (Girona)
Personas a bordo:	1 tripulante y 1 pasajero, heridos graves
Tipo de vuelo:	Aviación general – Privado
Fase de vuelo:	Aproximación
Fecha de aprobación:	29 de noviembre de 2017

Resumen del suceso:

La aeronave, con el piloto y un pasajero a bordo, había despegado del aeródromo de Moia (Barcelona) para iniciar el vuelo de retorno al aeródromo de Sant Feliú de Buixalleu (Girona), del cual había partido a las 13:30 h de ese mismo día.

Cuando la aeronave se encontraba en aproximación a la pista 13 del aeródromo de Sant Feliú de Buixalleu se produjo la parada del motor, comenzando a descender inmediatamente y chocando poco después con las copas de algunos de los árboles que cubrían la zona sobre la que volaba, cayendo finalmente hacia el interior del bosque, donde quedó detenida en posición próxima a la vertical.

Los ocupantes pudieron avisar del accidente mediante teléfono al jefe de campo del aeródromo de Sant Feliú de Buixalleu.

Tanto el piloto como el pasajero resultaron heridos graves y la aeronave con daños importantes.

La investigación ha determinado que este accidente fue causado por la parada del motor durante la aproximación al aeródromo de Sant Feliú de Buixalleu (Girona), que posiblemente fue debida a una acción enérgica del piloto sobre el mando de gases al llevarlo a ralentí.

Se considera que fueron factores contribuyentes en el suceso los siguientes:

- La realización de una aproximación demasiado baja y con poca velocidad.
- La incorrecta apreciación de la altura que llevó al piloto a reducir la potencia del motor de forma prematura.
- Los efectos producidos por la orografía y el rozamiento de la corriente de aire con el suelo sobre el viento durante la aproximación.

1. INFORMACIÓN FACTUAL

1.1. Antecedentes del vuelo

A las 13:30 h del día 19 de abril de 2017, la aeronave, con el piloto y un pasajero a bordo, despegó del aeródromo de Sant Feliú de Buixalleu (Girona) iniciando un vuelo con destino al aeródromo restringido de Moia (Barcelona), en el que aterrizaron poco tiempo después.

A primera hora de la tarde, y tras haber comido, despegaron de Moia para retornar al aeródromo del que habían partido.

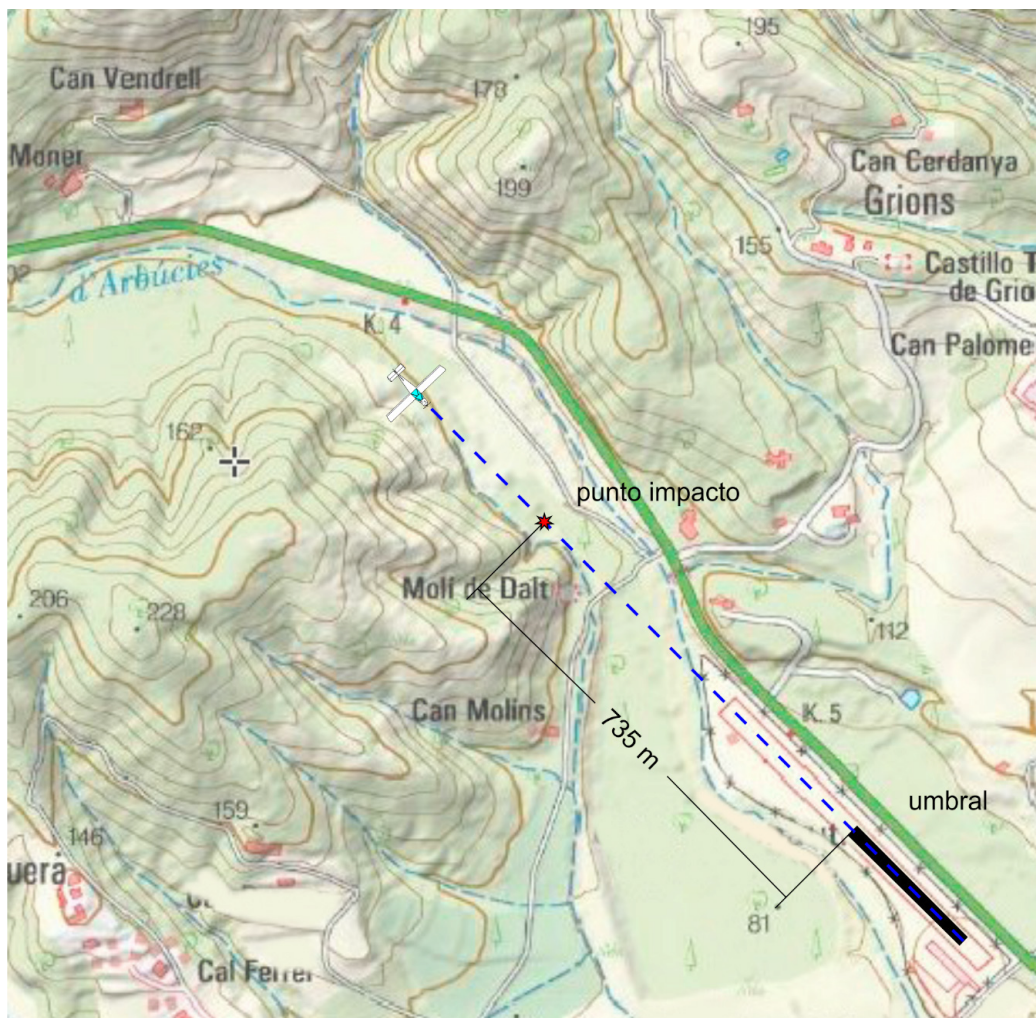


Figura 1. Mapa de la zona del suceso, en el que se ha señalado el punto de impacto y el aeródromo de Sant Feliú de Buixalleu

Cuando la aeronave se encontraba en aproximación a la pista 13 del aeródromo de Sant Feliú de Buixalleu se produjo la parada total del motor, comenzando a descender inmediatamente y chocando poco después con las copas de algunos de los árboles que cubrían la zona sobre la que volaba, cayendo finalmente hacia el interior del bosque, donde quedó detenida en posición próxima a la vertical.

Los ocupantes pudieron avisar del accidente mediante teléfono al jefe de campo del aeródromo de Sant Feliú de Buixalleu.

Los servicios de emergencia acudieron rápidamente hasta el lugar del accidente y procedieron a evacuar a los dos ocupantes de la aeronave a un centro hospitalario.

1.2. Lesiones personales

Lesiones	Tripulación	Pasajeros	Total en la aeronave	Otros
Mortales				
Lesionados graves	1	1	2	
Lesionados leves				No se aplica
llesos				No se aplica
TOTAL	1	1	2	

1.3. Daños a la aeronave

Como consecuencia de los choques que tuvo la aeronave contra los árboles, y contra el terreno, la aeronave resultó con daños importantes que afectaron principalmente a las siguientes partes:

- Motor y hélice.
- Pata de morro.
- Cabina.
- Ambas semialas, con múltiples deformaciones y roturas debidas a los impactos con los árboles.
- Fuselaje.

1.4. Otros daños

No hubo otros daños.

1.5. Información sobre el personal

El piloto, de nacionalidad española y 48 años de edad, tenía la licencia de piloto de ultraligero (TULM) expedida por la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA), por

primera vez el 25 de julio de 2012, así como de las siguientes habilitaciones:

- Multieje de ala fija (MAF). Válida hasta el 30/06/2017.

El reconocimiento médico de clase 2 también estaba en vigor hasta el 4 de junio de 2017.

Según la información facilitada, su experiencia de vuelo con ULM's de ala fija como el del suceso era de unas 581 h, de las cuales 280 h las había realizado en aeronaves del tipo de la del accidente.

1.6. Información sobre la aeronave

1.6.1. Información general

La aeronave del accidente, ICP Savannah, es un monomotor, ultraligero, de ala alta arriostrada, equipado con un tren de aterrizaje fijo de tipo triciclo, fabricado en Italia, en el año 2006, por la compañía ICP s.l.r., con el número de serie 05-09-51-424.

- Sus características generales son las siguientes:
- Envergadura: 8,96 m
- Longitud: 6,25 m
- Altura: 2,58 m
- Superficie alar: 12,84 m²
- Peso en vacío: 280 kg
- Peso máximo al despegue: 450 kg
- Capacidad de combustible: 72 litros
- Motor: Rotax 912 ULS, s/n: 5645625
- Hélice: tripala de fibra de carbono, de 172 cm de diámetro, y paso ajustable en tierra.

- Velocidad de no exceder (V_{NE}): 200 km/h
- Velocidad de maniobra (V_A): 136,8 km/h
- Velocidad máxima de extensión de flaps (V_{FE}): 96,5 km/h
- Velocidad de pérdida:
 - Con flaps extendidos (full flap): 48 km/h
 - Con flaps retraídos: 56 km/h
- Factor de carga: +4g, -2g

Disponía de un certificado de aeronavegabilidad restringido, categoría Privado – 3 (Normal), que había sido emitido el 13 de septiembre de 2006.

Su base habitual es el aeródromo restringido de Sant Feliú de Buixalleu (Girona).

1.6.2. *Peso de la aeronave en el vuelo del accidente*

Según la información facilitada por el piloto, antes de despegar del aeródromo de Sant Feliú de Buixalleu repostó la aeronave con gasolina de 95 octanos hasta llenar el depósito de combustible, cuya capacidad es de 72 litros.

En el momento del accidente estimaba que debían quedar unos 50 litros.

La gasolina de 95 octanos tiene una densidad comprendida entre 0,709 y 0,727 kg/dm³ a 15°C. A efectos de cálculo se considera una densidad de 0,71 kg/dm³.

Estimando el peso de cada uno de los ocupantes en 70 kg, el peso de la aeronave en el despegue sería el siguiente:

• Peso en vacío:	280 kg
• Piloto:	70 kg
• Pasajero:	70 kg
• Combustible	51 kg
Total	471 kg

En el momento del accidente los pesos serían los mismos, salvo el correspondiente al combustible que tendría un valor de 35,5 kg, por lo que el peso de la aeronave en ese momento sería de 455,5 kg.

Dado que el peso máximo al despegue de la aeronave es de 450 kg, los cálculos anteriores evidencian que la aeronave despegó con un peso superior al máximo.

1.6.3. Información sobre el motor

La aeronave estaba equipada con un motor Rotax, modelo 912ULS, con número de serie 5645625. Las características del motor son las siguientes:

- Cilindros: cuatro, opuestos.
 - Diámetro: 84,0 mm
 - Carrera: 61,0 mm
 - Cilindrada: 1352 cm³
 - Relación de compresión: 10,8:1
- Potencia máxima: 73,5 kW a 5800 rpm.
- Potencia máxima continua: 69,0 kW a 5500 rpm.

El mando de gases del motor no tiene ningún tope físico en el propio mando, estando limitado su recorrido únicamente por los topes existentes en los propios carburadores.

1.6.4. Registro de mantenimiento

En el momento en que ocurrió el suceso el motor y la aeronave tenían las mismas horas de funcionamiento, que eran de 582:08 h.

El siguiente cuadro contiene información sobre las últimas revisiones de mantenimiento importantes a las que había sido sometido el motor de la aeronave

Fecha	Tipo de revisión	Horas
1/05/2014	100 h Cambio de filtro aceite, bujías, filtros aire, revisión y engrase general	392
23/10/2015	100 h Cambio de filtro de aceite, bujías, filtros de aire, limpieza motor, revisión y engrase general	490

El manual de mantenimiento en línea para los motores del tipo 912, emitido por el fabricante del motor, Rotax, establece inspecciones periódicas cada 25, 50, 100, 200 y 600 horas.

Las inspecciones de 25 y 50 h son básicamente inspecciones visuales del estado general del motor, así como de verificación de niveles y limpieza.

La inspección de 100 h, contempla, entre otras acciones, el cambio de aceite y filtro, inspección del tornillo magnético, cambio de las bujías.

Con respecto a la periodicidad de esta inspección, el manual indica que se hará cuando se alcancen 100 h de funcionamiento, o cada año, lo que antes ocurra.

En el momento en que ocurrió el accidente, la aeronave tenía 581 h y 8 minutos, por lo que acumulaba 91 h y 8 minutos de funcionamiento desde la última revisión. Aunque no había alcanzado 100 h de funcionamiento desde la última revisión, habían transcurrido algo más de 17 meses desde esta, por lo que sí había sobrepasado ampliamente el plazo de 1 año.

1.7. Información meteorológica

1.7.1. Situación general

En altura había una dorsal en el oeste peninsular, limitada al este por una línea de deformación. Esto inducía una circulación débil de componente norte sobre la Península y Baleares. Había una zona ciclónica sobre el norte de África con inestabilidad, pero muy alejada de las islas Baleares. En superficie había un gran anticiclón atlántico de 1032 hPa centrado al noroeste de Azores, que unía altas presiones relativas por el norte de la Península y su fachada mediterránea con el anticiclón centroeuropeo. Depresión al noreste de Azores, correspondientes bajas

presiones relativas sobre el noroeste de Marruecos y el Golfo de Cádiz, lo que reforzaba el gradiente de presión en el área del Estrecho favoreciendo el establecimiento de Levante fuerte. Tiempo estable y cielos despejados en general. Se desarrolló convección en las montañas del Cantábrico, Ibérico y Pirineos con chubascos (y algunas tormentas en Pirineos).

1.7.2. *Situación en la zona del accidente*

AEMET no dispone de una estación en Sant Feliu de Buixalleu. Las estaciones más cercanas son Blanes (a algo más de 15 km del aeródromo en línea recta hacia el SE), el aeropuerto de Girona (a unos 20 km en línea recta hacia el NE) y Sant Hilari (a algo menos de 20 km hacia el NW). Los datos de dichas estaciones fueron:

- Blanes:
 - Viento del Sur de unos 11 km/h, con un máximo de unos 17 km/h.
 - Temperatura en torno a 18°C.
 - Humedad relativa del 82 por ciento.
- Girona-Costa Brava:
 - Viento del Sur de unos 28 km/h, con un máximo de 37 km/h.
 - Temperatura en torno a 20°C.
 - Humedad relativa del 48 por ciento.
 - Presión de unos 1007,3 hPa.
- San Hilari: Viento del Sursureste, 8 km/h, con un máximo de 17 km/h.
 - Temperatura en torno a 17°C.
 - Humedad relativa del 54 por ciento.

El Servicio meteorológico de Catalunya tiene una estación en la localidad de Santa Coloma de Farners, que se encuentra a unos 13 km al noreste del lugar del accidente. Esta estación registró los siguientes valores de viento.

Intervalo horario (UTC)	Velocidad media del viento (km/h)	Dirección (grados)	Velocidad máxima (km/h)
15:00 - 15:30	16,6	150	30,2
15:30 - 16;00	16,2	147	33,5

En las imágenes de teledetección puede verse que los cielos estaban despejados con nubes sobre el Pirineo. En el Pirineo de Lleida hubo tormentas, con descargas eléctricas y chubascos, pero no sobre el área del accidente. El aeropuerto de Girona-Costa Brava cifró algunas nubes con base por encima de los 6000 pies.

1.8. Ayudas para la navegación

No es de aplicación.

1.9. Comunicaciones

No hay constancia de que el piloto hubiera mantenido comunicación alguna.

1.10. Información de aeródromo

El aeródromo restringido de Sant Feliú de Buixalleu (Girona) dispone de una pista de hierba de 250 m de longitud, con denominación 13-31.

La elevación del campo es de 82 m.

De acuerdo con los procedimientos del campo, los tráficos en circuito evitarán el sobrevuelo de la localidad de Hostalric, siendo la pista 13 la de utilización preferente, con circuito izquierda o derecha, y final por el valle.

Estos procedimientos especifican también que en condiciones de viento fuerte N, NW o W, se puede proceder a la pista 31 con circuito izquierda, asegurando la toma. Asimismo, proporcionan las siguientes advertencias:

ATENCIÓN:	circuitos a pista 13 condicionados a la orografía del terreno. Circuito corto o circuito largo siguiendo el valle de Riera Arbucies.
	Circuito izquierda a pista 31 desalineado de pista por el oeste, debido a árboles altos.
SALIDAS:	pista 13, incluso con viento flojo norte. Salida por la pista 31 peligrosa por sotavento.
PRECAUCIÓN:	final 13, turbulencias con viento oeste o suroeste.
	Entrada por 31, atención a línea de alta tensión. Asegurar toma

1.11 Registradores de vuelo

La aeronave no estaba equipada con un registrador de datos de vuelo ni con un registrador de voz del puesto de pilotaje, ya que la reglamentación aeronáutica en vigor no exige llevar ningún registrador en este tipo de aeronaves.

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

La aeronave se precipitó sobre una zona boscosa situada al norte del aeródromo, prácticamente en la prolongación del eje de pista, y a unos 750 del umbral de la pista 13. La altura del terreno en este punto es de unos 100 m y la altura de los árboles de unos 15 m.

Como puede apreciarse en la fotografía de la figura 2, la aeronave quedó dentro del bosque en posición vertical con el fuselaje apoyado en varios árboles.

Ambos planos tenían daños en su parte delantera producidos por los impactos contra los árboles. Debido a estos choques, el slat del plano derecho se partió aproximadamente por la mitad, resultando desprendido el fragmento exterior.

La aeronave presentaba deformaciones a flexión, sobre todo a la altura del borde de salida de los planos y del mamparo cortafuegos, como consecuencia del impacto en actitud vertical contra el suelo.

La hélice conservaba íntegras dos de sus tres palas y la raíz de la tercera. Ninguna de las dos palas tenía marcas o huellas de impactos o evidencias de giro.

El fragmento desprendido de la tercera pala se encontraba sobre el suelo, debajo del motor. Tampoco tenía ninguna huella que evidenciara giro durante el impacto. Por el contrario, sí se encontraron marcas compatibles con una rotura a flexión de delante a atrás.



Figura 2. Vista general de la aeronave (izquierda). Fotografías de detalle del motor y la hélice (superior derecha) y del fragmento de slat desprendido (inferior derecha)

Todas las superficies de mando se encontraban fijadas correctamente a la estructura de la aeronave, comprobándose que había continuidad de mando desde las palancas/pedales de control y las superficies.

Aunque se había producido un derrame de combustible, se comprobó que el depósito de la aeronave todavía contenía gasolina.

Las tuberías de combustible no mostraban signos de deterioro apreciable. No se observó ningún signo de obstrucción. La bomba mecánica de combustible estaba llena de gasolina, comprobándose que funcionaba adecuadamente.

Se observó que había dos ramas tronchadas, de unos 10 cm de grosor, que habían sido arrancadas de sendos árboles situados, uno a 10,8 m y el otro a 6,6 m, de los restos de la aeronave, en dirección opuesta al aeródromo.

1.13. Información médica y patológica

Ambos ocupantes sufrieron fracturas de varios huesos, contusiones múltiples, así como cortes y magulladuras.

1.14. Incendio

No hubo incendio.

1.15. Aspectos relativos a la supervivencia

Como puede observarse en las fotografías de la figura 2, especialmente en la de la izquierda, el impacto de la aeronave contra el suelo en actitud próxima a la vertical produjo una acusada deformación en el fuselaje, que se caracterizaba por una marcada flexión a la altura del borde de salida del plano.

La cabina de la aeronave está ubicada justo por debajo del ala, por lo que la deformación más fuerte quedó inmediatamente por detrás de ella. Esta circunstancia posibilitó que el habitáculo de la cabina mantuviese en líneas generales su forma, aunque las deformaciones produjeron la rotura de todos los cristales de cabina (parabrisas y cristales laterales).

Aunque la deformación más notoria del fuselaje fue la que se produjo por detrás del ala, había una ligera deformación por flexión que afectaba a la zona inferior del fuselaje comprendida entre el morro y el borde de salida de los planos.

No se produjo ninguna rotura o fallo de los asientos ni de los cinturones de seguridad, que funcionaron adecuadamente sujetando a los ocupantes de la aeronave.

1.16. Ensayos e investigaciones

1.16.1. Declaración del piloto

El piloto en su declaración notificó que despegó del aeródromo de Sant Feliú de Buixalleu sobre las 13:30 h y se dirigió al aeródromo de Moia. Aterrizó en el campo y más tarde volvió a despegar de vuelta al aeródromo de salida.

Sobre las 17:45 h estaba establecido en final de la pista 13 para aterrizar en el campo. Pensó que iba alto en la aproximación y redujo los gases a ralentí para aumentar el régimen de descenso. Inmediatamente notó que el ultraligero caía

muy rápido, entre 25 y 35 metros en pocos segundos. No tuvo tiempo de realizar ninguna acción ya que la aeronave chocó con la copa de los árboles y cayó al suelo.

Pensaba que el motor se paró cuando la aeronave estaba descendiendo pero no estaba muy seguro.

Recordaba que antes del vuelo comprobó las magnetos y funcionaban correctamente, no notó nada anormal. También repostó la aeronave hasta llenar depósito, cuya capacidad es de 72 litros.

Estimaba que en el momento en que ocurrió el accidente, debían quedar unos 50 litros de combustible.

Se le preguntó si la acción sobre el mando de gases que hizo para reducir potencia fue energética o suave, respondiendo que fue más bien rápida.

1.16.2. Descripción del sistema de encendido del motor

Este sistema consta de una carcasa de encendido y un conjunto externo de encendido.

En la carcasa de encendido están integrados varios componentes: estator, rotor y conjunto de bobinas de baja.

El conjunto externo está compuesto por dos módulos electrónicos, cuatro bobinas dobles de alta con cables de encendido, ocho capuchones para bujías y ocho bujías.

El sistema es redundante con objeto de garantizar la generación de chispa en todos los cilindros, aunque se produzca el fallo de uno de los componentes.

Cada cilindro tiene dos bujías, estando cada una de ellas controlada por uno de los módulos, y alimentadas por bobinas distintas, de forma que se consigue que se mantenga la generación de chispa en todos los cilindros, aunque se produzca el fallo de uno de los módulos electrónicos, o bien el fallo de cualquiera de las bobinas.

1.16.3. Inspección del motor

Se comprobó que la hélice podía ser girada a mano con normalidad, no apreciándose ningún ruido anómalo.

Todas las válvulas abrían y cerraban con normalidad. Los valores de compresión de

los cuatro cilindros estaban dentro de las especificaciones.

Se inspeccionaron visualmente los sistemas de inducción, combustible, escape, lubricación y refrigeración, encontrándose todos ellos en condiciones normales.

Ambos carburadores estaban aparentemente en condiciones normales, correctamente fijados al motor. Se abrieron las cubas, observando que ambas estaban llenas de combustible. Se comprobó que los flotadores se encontraban en buenas condiciones y que accionaban la válvula de entrada de combustible, cuya actuación era correcta.

El aceite se encontraba algo sucio, pero en condiciones aceptables.

El tapón magnético tenía adheridas partículas metálicas, aunque la cantidad estaba dentro de los límites tolerables. También se encontraron partículas metálicas en el filtro de aceite.

Se desmontó la caja reductora de la hélice, comprobándose que todos sus elementos (cojinetes, engranajes, etc.) se encontraban correctamente lubricados. El embrague de sobrecarga no mostraba ningún indicio de haber sufrido una entrada de carga de impacto.

Se inspeccionó visualmente el sistema de encendido, sin detectar ninguna anomalía. Se realizaron las mediciones de resistencia de la unidad de encendido que indica el fabricante en el manual de mantenimiento, constatando que todos los valores estaban dentro del rango establecido.

Ante la imposibilidad de efectuar una prueba funcional del sistema de ignición se decidió desmontar los dos módulos electrónicos y las cuatro bobinas de alta, e instalarlos en otro motor para comprobar si se producía chispa en las bujías o no, pero sin poner el motor en marcha.

Estos módulos electrónicos, cuyo número de parte es 966726, están fabricados en Italia por la compañía Ducati, siendo sus números de serie:

- Circuito A: 053107
- Circuito B: 074818

Este test permitió comprobar que cuatro de las bujías no funcionaban (una por cilindro), debido a que uno de los módulos electrónicos, concretamente el del circuito B (s/n: 074818), se encontraba inoperativo.

Se procedió a calentar este módulo y se repitió la prueba, observando que tras ello el módulo trabajaba de forma correcta.

Se dejó enfriar el módulo hasta alcanzar la temperatura ambiente (25°C). Tras ello se comprobó que volvía a estar inoperativo y a continuación se procedió a activar la puesta del motor.

El motor arrancó con aparente normalidad. Después de estar marchando alrededor de un minuto se hizo la prueba de magnetos, constatando que ambos módulos electrónicos funcionaban correctamente.



Figura 3. Fotografía del módulo electrónico del circuito B

Se repitieron estas pruebas sustituyendo el módulo del motor del suceso por otros de comportamiento similar (no funcionan a temperatura ambiente, pero sí tras calentarlos ligeramente), obteniendo las siguientes conclusiones:

- Todos los módulos electrónicos chequeados se mantuvieron inoperativos tras el arranque del motor por un lapso de tiempo que osciló entre 15 y 20 s.
- Transcurrido ese lapso, todos los módulos empezaron a funcionar y se mantuvieron operando correctamente mientras el motor estuvo en marcha.
- Todos los módulos electrónicos permanecieron operativos durante varios minutos tras la parada del motor.

Se repitió el test instalando un módulo completamente inoperativo, comprobando que el motor arrancaba con normalidad con el otro módulo. Se hicieron varias pruebas de magnetos en un periodo de tiempo comprendido entre 15 segundos y 5 minutos después del arranque del motor, comprobando que el módulo electrónico continuaba estando plenamente inoperativo.

1.17 Información sobre organización y gestión

No es de aplicación.

1.18. Información adicional

BRP-Powertrain GmbH & Co KG ("BRP-Powertrain"), cuya denominación actual es BRP-Rotax GmbH & Co KG, que es el fabricante del motor Rotax que equipaba la aeronave, emitió el 20 de enero de 2013 un comunicado "INFORMATION RELEASE", debido a que había tenido conocimiento de varios casos de fallo de módulos electrónicos.

En este documento se indica que la causa de los fallos encontrados en gran parte de los módulos averiados era que habían estado sometidos a temperaturas por encima de la máxima admisible, que es de 80°C.

Aunque en el comunicado no se especifica de forma expresa, según la información facilitada por BRP-Rotax GmbH & Co KG, los módulos averiados que motivaron la emisión del comunicado se caracterizaron por fallar de un modo permanente. El fallo de estos módulos fue detectado en su mayor parte en la prueba de magnetos.

Con objeto de determinar las condiciones térmicas normales de trabajo a las que se ven sometidos estos módulos, el fabricante del motor pedía que los fabricantes de aeronaves que montasen motores Rotax, realizasen mediciones reales de la temperatura que alcanzaban los módulos en sus aeronaves. Para efectuar esta medición el fabricante del motor determinaba que se utilizasen unas etiquetas adhesivas sensibles a la temperatura, que habían de fijarse en una zona concreta de los módulos.

Si las mediciones determinaban que los módulos no alcanzaban una temperatura de trabajo de 80°C no era necesario hacer ninguna acción adicional.

De acuerdo con la información facilitada por BRP-Powertrain, el fabricante de la aeronave, ICP, les informó que había realizado las mediciones de temperatura indicadas en el comunicado, con el resultado de que fueron inferiores a 80°C.

Aunque esta acción estaba dirigida fundamentalmente a los fabricantes de aeronaves, también fue transmitida a los propietarios de todas las aeronaves que equiparan motores Rotax, con vistas a que pudieran realizar las comprobaciones de temperatura en sus aviones.

El distribuidor de Rotax en España publicó esta información en su página web y en la revista que editan además de ser enviada a través de un correo electrónico a todos los potenciales afectados. Asimismo, durante 6 meses se hizo una campaña de difusión de esta información, realizando descuentos en la compra de los módulos para aquellos propietarios afectados.

Con respecto al historial de fallos en módulos electrónicos con modos de fallo como el encontrado en uno de los módulos del motor que equipaba la aeronave del accidente, BRP-Powertrain informó de que no tenía antecedentes.

La experiencia que BRP-Powertrain tiene del funcionamiento real de estos motores, ha demostrado que en caso de fallo de uno de los módulos electrónicos, el motor suele evidenciar ciertas dificultades para arrancar a temperaturas por encima de 0°C, y que a temperaturas por debajo de 0°C el motor posiblemente no arrancará.

Por otra parte, el distribuidor de Rotax en España no tiene constancia de que haya habido ningún caso en el que un módulo electrónico con modo de comportamiento como el encontrado en el motor de la aeronave del suceso (no funcionan a baja temperatura, pero sí tras calentarse ligeramente) haya dejado de funcionar mientras el motor ha estado en marcha.

1.19. Técnicas de investigación útiles o eficaces

No es de aplicación.

2. ANÁLISIS

2.1. *Análisis de los restos de la aeronave y de los impactos*

Como se refleja en el punto 1.12, en el examen de los restos de la aeronave se determinó que todas las superficies de control se encontraban fijadas correctamente a la estructura de la aeronave y que había continuidad de mando desde las palancas/pedales de control hasta dichas superficies.

En consecuencia, se descarta la posibilidad de que haya habido ningún fallo en los sistemas de control de la aeronave que pudiera haber influido en el suceso.

El hecho de que ninguna de las tres palas de la hélice tuviese daños consistentes con una condición de giro; el mecanismo de rotura de la pala desprendida, flexión hacia atrás; y el hecho de que el embrague de sobrecarga no mostrara ningún indicio de haber sufrido una entrada de carga importante, indican de forma nítida que en el momento en que la aeronave impactó contra el terreno, el motor no estaba suministrando potencia.

Este hecho es acorde con lo declarado por el piloto con respecto a que, aunque no estaba seguro, creía que el motor se había parado inmediatamente antes del choque con los árboles.

La aeronave chocó con la rama de un árbol, para 4 m más allá impactar con una segunda rama, tras lo cual cayó de forma prácticamente vertical hacia el interior de la masa forestal. Este hecho indica que la mayor parte de la energía que tenía la aeronave se disipó en esos dos impactos. A la vista del escaso grosor de ambas ramas, así como la reducida distancia que media entre el primer impacto y el lugar donde quedó la aeronave, se concluye que la energía (lo que equivale a velocidad), que tenía la aeronave antes del primer impacto era bastante reducida.

2.2. *Análisis del fallo de motor*

Como se ha reflejado en el punto 1.16.3, las evidencias encontradas durante la inspección del motor que equipaba la aeronave confirmaron los indicios que se habían observado en la hélice, y que indicaban que el motor estaba parado cuando se produjo el impacto contra el suelo.

En esta inspección no se encontró ninguna deficiencia o anomalía que hubiera podido causar la parada del motor durante el vuelo, salvo un fallo que afectaba a uno de los módulos electrónicos del sistema de encendido.

Las pruebas funcionales efectuadas con dicho módulo evidenciaron que a temperatura en torno a 25°C, este módulo no funcionaba, pero comenzaba a hacerlo entre 15 y 20 s después de haber arrancado el motor.

De acuerdo con la declaración del piloto, antes de iniciar el vuelo realizó la prueba de magnetos con resultado positivo, lo que indica que en ese momento ambos módulos estaban operando correctamente. La prueba de magnetos se realiza cuando el motor ha alcanzado una temperatura mínima concreta, lo que normalmente requiere que el motor esté marchando durante varios minutos tras el arranque. Este hecho sería consistente con el fallo encontrado en el módulo electrónico, que habría comenzado a funcionar durante el calentamiento del motor.

Del resultado de las pruebas funcionales a las que fue sometido el módulo electrónico del motor del suceso, así como de la experiencia del comportamiento de otros módulos con fallos similares, se concluye que estos elementos una vez que empiezan a funcionar, continúan haciéndolo sin mostrar fallo alguno mientras está el motor en marcha. En consecuencia, parece poco probable que el módulo electrónico haya fallado durante el vuelo.

Por otra parte, debe tenerse presente que el diseño del sistema de encendido que equipa el motor de la aeronave es redundante, de forma que se asegura que en caso de fallo de uno de los módulos, el otro es capaz de mantener el motor en marcha, sin más consecuencias que una ligera disminución del régimen.

Por lo tanto, se considera que la parada del motor durante la aproximación al aeródromo de Sant Feliú de Bixalleu no tuvo su origen en un fallo del sistema de encendido.

Por otra parte, de acuerdo con la información facilitada por el piloto, y confirmada en la inspección de los restos de la aeronave, cuando se produjo la parada del motor había combustible a bordo, lo que lleva a descartar la falta de combustible, o la interrupción de su suministro, como causa del fallo del motor.

En conclusión, no se ha encontrado evidencia alguna de anomalía o fallo en el motor o en el sistema de combustible que pueda explicar la parada del motor.

Por otra parte, es un hecho conocido que el movimiento excesivamente rápido del mando de gases puede provocar la parada del motor, debido a la brusca modificación de las condiciones de la corriente de aire en la admisión.

El piloto reconoció que su actuación sobre el mando de gases fue rápida, lo que sí pudo producir la parada del motor.

2.3. *Análisis de la aproximación al aeródromo de Sant Feliú de Buixalleu*

La pista del aeródromo de Sant Feliú de Buixalleu se encuentra en un valle por el que discurre la Riera d'Arbicucies. La aproximación desde el norte, que es la que siguió la aeronave en el vuelo del accidente, se realiza descendiendo dentro de dicho valle, siguiendo el curso de la riera, que también tiene pendiente descendente en la dirección de la aproximación.

El punto donde cayó la aeronave está a unos 750 m del umbral de la pista y tiene una elevación de unos 100 m. Considerando una pendiente de aproximación estándar de 5°, la aeronave debería haber sobrevolado este punto a una altitud de unos 148 m, es decir, algo más de 30 m por encima de las copas de los árboles. Esta magnitud prácticamente coincide con la altura que el piloto dijo que tenía la aeronave en el momento en que redujo potencia.

En el apartado 2.1 se ha llegado a la conclusión de que la velocidad de la aeronave en el momento en el que chocó con el primer árbol era bastante reducida.

Las descendencias, como la que el piloto reportó haber sentido, se caracterizan por ser movimientos esencialmente convectivos (verticales) del aire, por lo que no es de esperar que produzcan efectos significativos sobre la velocidad horizontal de la aeronave. En consecuencia, se considera que la velocidad que tenía la aeronave en el momento en el que el piloto redujo potencia ya era reducida.

Si además en ese instante se paró el motor, se produjo el hecho de que la hélice pasó de proporcionar tracción a generar resistencia, lo que sin duda contribuiría a decelerar la aeronave.

En cuanto al viento existente, que a nivel general soplaba del sureste, en la zona del suceso debía canalizarse por el valle favorecido por la orografía, de forma que incidiría de cara sobre la aeronave, con una intensidad media de unos 16 km/h (4,4 m/s), con rachas de 30-33 km/h (8,3-9,2 m/s).

En este punto conviene hacer una mención acerca del efecto del rozamiento del suelo sobre la velocidad del viento, que hace que esta vaya disminuyendo a medida que disminuye la altura, siendo el efecto del rozamiento mayor cuanto más cerca del suelo.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, parece factible que la descendencia que notó el piloto no fuera producto de un movimiento convectivo del aire, sino de la disminución de la sustentación experimentada por la aeronave a consecuencia de la reducción de su velocidad, propiciada por la parada del motor y la disminución de la velocidad del viento debida a la orografía y al efecto del rozamiento del aire con el terreno.

Cualquier aeronave que se encuentre en circuito de tráfico debe mantener una altura sobre el terreno tal, que en caso de tener un fallo de motor en cualquier punto del circuito, la aeronave sea capaz de alcanzar la pista en planeo. En este caso, a pesar de que la aeronave estaba establecida en final de la pista 13, no sólo no fue capaz de llegar a la misma planeando, sino que se quedó a una distancia considerable de ella.

Aunque la descendencia experimentada por la aeronave limitó su capacidad para alcanzar la pista planeando, no parece que este hecho sea suficiente para justificar por sí solo la gran distancia a la que quedó de esta.

Es posible que el piloto focalizara su atención en la pista situada en el valle y no tuviera en consideración su proximidad con los árboles que había en la ladera sobre la que volaba, teniendo la impresión de que se encontraba muy alto, cuando realmente su separación con el terreno era escasa.

El escenario más probable que resulta a la vista de las conclusiones precedentes es la de una aproximación realizada a baja altura, con poca velocidad, durante la que se produjo la parada del motor, a la que siguió un rápido descenso debido a la pérdida de la tracción y al efecto del gradiente del viento.

Aunque, a tenor de los cálculos, parece bastante probable que el peso de la aeronave durante este vuelo estuvo en todo momento por encima del peso máximo, se considera que no fue un factor que contribuyó al accidente.

2.4. Consideraciones respecto al modo de fallo encontrado en el módulo electrónico

De la experiencia adquirida acerca del comportamiento de los módulos electrónicos con modos de fallo como el del módulo del motor de este accidente, se concluye que este tipo de deficiencia sólo se manifiesta cuando los módulos se encuentran a temperaturas por debajo de 25°C, que además es un fallo de carácter transitorio y de muy corta duración (entre 15 y 20 segundos).

No se ha documentado ni un solo caso en el que un módulo electrónico con este modo de fallo y que estuviera operativo durante la prueba de magnetos, haya fallado después durante el transcurso de un vuelo.

En base a ello puede concluirse que este modo de fallo no supone un riesgo para la seguridad operacional.

En el supuesto de que un módulo afectado por este modo de fallo se deteriorara

más, de forma que se mantuviera inoperativo durante más tiempo después del arranque del motor, o bien que fallara durante el vuelo, esta condición sería detectable en ambos casos. Durante la prueba de magnetos en el primero de ellos, o por el efecto que tendría sobre el régimen el motor en el segundo caso.

Incluso en esta última condición la continuidad del vuelo estaría asegurada por la redundancia del sistema de encendido.

3. CONCLUSIONES

3.1. Constataciones

- El piloto tenía su licencia de piloto de ULM válida y en vigor.
- El certificado médico de clase 2 era válido y estaba en vigor.
- La aeronave tenía toda la documentación en vigor y era aeronavegable.
- El peso de la aeronave durante la totalidad del vuelo del accidente estuvo por encima del máximo.
- Las condiciones meteorológicas no eran limitativas para el vuelo.
- El viento predominante era del sursureste, y de unos 15 km/h de velocidad media.
- El piloto redujo la potencia del motor en el curso de la aproximación a la pista 13 del aeródromo de Sant Feliú de Buixalleu.
- El motor de la aeronave se paró inmediatamente después.
- La aeronave descendió bruscamente chocando contra varios árboles y acabó precipitándose contra el suelo.
- La aeronave impactó contra el terreno en un lugar situado a unos 750 m del umbral de la pista 13 del aeródromo de Sant Feliú de Buixalleu.
- Los dos ocupantes de la aeronave sufrieron fracturas de varios huesos, contusiones múltiples, así como cortes y magulladuras.
- Los asientos y los cinturones de seguridad funcionaron adecuadamente, sujetando a los ocupantes de la aeronave.
- En la inspección de los restos de la aeronave no se detectó ninguna evidencia de fallo o malfuncionamiento en las superficies aerodinámicas de control.
- En el momento en que la aeronave impactó contra el terreno el motor no estaba suministrando potencia.

- No se encontró ningún fallo o anomalía en el motor que justificase su parada durante el vuelo.
- Se detectó que uno de los dos módulos electrónicos del sistema de encendido del motor presentaba problemas de funcionamiento.

3.2. Causas/factores contribuyentes

Se considera que este accidente fue causado por la parada del motor durante la aproximación al aeródromo de Sant Feliú de Buixalleu (Girona), que posiblemente fue debida a una acción enérgica del piloto sobre el mando de gases al llevarlo a ralentí.

- La realización de una aproximación demasiado baja y con poca velocidad.
- La incorrecta apreciación de la altura que llevó al piloto a reducir la potencia del motor de forma prematura.
- Los efectos producidos por la orografía y el rozamiento de la corriente de aire con el suelo sobre el viento durante la aproximación.

4. RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD OPERACIONAL

No se emite ninguna recomendación de seguridad operacional.