CIAIAC

COMISIÓN DE
INVESTIGACIÓN
DE **A**CCIDENTES
E **I**NCIDENTES DE
AVIACIÓN **C**IVIL

Informe técnico ULM A–003/2017

Accidente ocurrido a la aeronave Tecnam P2002 Sierra, matrícula EC-FP6, en el aeródromo de Villaverde (Toledo), el 8 de febrero de 2017

GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE FOMENTO

Informe técnico

ULM A-003/2017

Accidente ocurrido a la aeronave Tecnam P2002 Sierra, matrícula EC-FP6, en el aeródromo de Villaverde (Toledo), el 8 de febrero de 2017

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 Papel: 161-17-203-5

NIPO Línea: 161-17-204-0

Depósito legal: M-31257-2017

Maquetación: David García Arcos

Impresión: Centro de Publicaciones

COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACIÓN CIVIL

Tel.: +34 91 597 89 63 E-mail: ciaiac@fomento.es C/ Fruela, 6
Fax: +34 91 463 55 35 http://www.ciaiac.es 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) 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, 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 v

SINOPSIS vi

1. INFORMACIÓN FACTUAL 1

1.1. Antecedentes del vuelo 1
1.2. Lesiones personales 2
1.3. Daños a la aeronave 3
1.4. Otros daños 3
1.5. Información sobre el personal 3
1.6. Información sobre la aeronave 4
1.6.1. Mantenimiento de la aeronave 4
1.6.2. Actividad de la aeronave 5
1.7. Información meteorológica 6
1.7.1. Información meteorológica de AEMET que hubiese podido consultar el piloto 6
1.7.2. Datos de viento del Parque Eólico Cerro de la Oliva y de estaciones AEMET 7
1.8. Ayudas a 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 y el impacto 9
1.13. Información médica y patológica 11
1.14. Incendio 11
1.15. Aspectos relativos a la supervivencia 12
1.16. Ensayos e investigaciones 12
1.16.1. Entrevistas a testigos 12
1.16.2. Inspección del motor 16
1.16.3. Certificado de Tipo nº 281-I de la DGAC 18
1.16.4. Informe técnico de la aeronave tras su fabricación 18
1.16.5. Manual de vuelo 19
1.16.6. Listas de chequeo de los propietarios 20
1.16.7. Repostajes y cálculo de combustible en el momento del accidente 21
1.16.8. Cálculo de peso y centrado para la aeronave EC-FP6 22
1.16.9. Cálculo de peso y centrado para la aeronave Tecnam P2002 Sierra 23
1.16.10. Consultas a fabricante de motor y aeronave 26
1.17. Información sobre organización y gestión 26
1.18. Información adicional 27
1.19. Técnicas de investigación útiles o eficaces 27

2. ANÁLISIS 28

2.1. Análisis del impacto 28
2.1.1. Práctica de mantenimiento irregular sobre el embrague de fricción 30
2.2. Reconstrucción del vuelo 31
2.3. Condiciones de operación 32
2.4. Planificación y toma de decisiones antes y durante el vuelo 34
2.5. Análisis del problema del motor descrito por el piloto 35
2.6. Aspectos relacionados con la seguridad en ULM 39
2.7. Peso máximo de las aeronaves TECNAM P2002 SIERRA 41

3. CONCLUSIONES 45

3.1. Constataciones 45
3.2. Causas/Factores contribuyentes 46

4. RECOMENDACIONES SOBRE SEGURIDAD OPERACIONAL 47

Abreviaturas

º	Grado
AEMET	Agencia Estatal de Meteorología
AESA	Agencia Estatal de Seguridad Aérea
CAMO	Organización de gestión de mantenimiento de la aeronavegabilidad
CAR	Certificado de aeronavegabilidad restringido
DGAC	Dirección General de Aviación Civil
EASA	Agencia Europea para la Seguridad Aérea
ft	Pie
GPS	Sistema de posicionamiento por satélite
h	Hora
kg	Kilogramo
kt	Nudo
km	Kilómetro
l	Litro
m	Metro
MAC	Cuerda media aerodinámica
METAR	Informe de observación de aeródromo
min	Minuto
N	Norte
nº	Número
OACI	Organización de Aviación Civil Internacional
rpm	revolución por minuto
seg	Segundo
S/N	Número de la serie
SESCAM	Servicio de Salud de Castilla La Mancha
TAF	Informe de pronóstico de aeródromo
UTC	Tiempo universal coordinado
W	Oeste

Sinopsis

Propietario y operador:	Privado.
Aeronave:	Tecnam P2002 Sierra, matrícula EC-FP6.
Fecha y hora del incidente:	Miércoles, 8 de febrero de 2017, 14:30 h
Lugar del incidente[1]:	Aeródromo de Villaverde (Toledo).
Personas a bordo:	1 piloto, fallecido.
	1 pasajero, fallecido.
Tipo de vuelo:	Aviación general - privado.
Fase de vuelo:	Despegue – ascenso inicial.
Fecha de aprobación:	31 de mayo de 2017.

Resumen del accidente:

El miércoles 8 de febrero de 2017, la aeronave ultraligera EC-FP6, Tecnam P2002 Sierra, despegó del aeródromo de Casarrubios del Monte (Toledo) con intención de realizar un vuelo hasta el aeródromo de Villaverde (Toledo) y regresar ese mismo día. A bordo iban dos personas.

Según la información proporcionada por testigos, la aeronave llegó al aeródromo de Villaverde y aterrizó por la pista 09. Tras el aterrizaje, rodó hasta la cabecera de la pista 27, donde permaneció unos minutos con el motor en funcionamiento, sin que ninguno de los ocupantes se bajasen. A los pocos minutos, la aeronave despegó por la pista 27. Se elevó aproximadamente 20 m e impactó contra el terreno a 289 m del final de pista.

La investigación ha determinado que la causa probable del accidente de la aeronave EC-FP6 fue una pérdida de control tras una entrada en pérdida durante el despegue realizado en condiciones de sobrepeso, viento intenso, con una componente de viento cruzado cercana a los límites de certificación y en una pista de pendiente positiva. La investigación no ha podido confirmar si el motor tuvo algún fallo en vuelo. Se ha podido confirmar que en el despegue y ascenso inicial funcionaba, pero que en el impacto no desarrollaba potencia.

[1] La referencia horaria utilizada en este informe es la hora local.

El informe contiene 6 recomendaciones sobre seguridad operacional dirigidas a AESA, ÁLAMO AVIACIÓN y TECNAM. Además el informe hace referencia a las 9 recomendaciones de seguridad emitidas en el informe de la CIAIAC ULM A-016/2016, que afectan a aspectos de seguridad de los paracaídas balísticos.

1. INFORMACIÓN FACTUAL

1.1. Antecedentes del vuelo

El miércoles 8 de febrero de 2017, la aeronave ultraligera EC-FP6, Tecnam P2002 Sierra, despegó del aeródromo de Casarrubios del Monte (Toledo) con intención de realizar un vuelo hasta el aeródromo de Villaverde (Toledo). A bordo iban dos personas: el piloto, que además era uno de los 8 propietarios de la aeronave, y un pasajero. Tenían planificado llegar al aeródromo de Villaverde, estacionar la aeronave, comer en un restaurante cercano y, después de la comida, regresar a Casarrubios, donde la aeronave estaba basada. Este tipo de vuelo ya había sido realizado por el piloto en ocasiones anteriores.

Según la información proporcionada por testigos, la aeronave llegó al aeródromo de Villaverde y aterrizó por la pista 09. Tras el aterrizaje, rodó hasta la cabecera de la pista 27, donde permaneció unos minutos con el motor en funcionamiento, sin que ninguno de los ocupantes se bajasen. En este tiempo, el piloto realizó una llamada al restaurante para cancelar la reserva debido a que "*no conseguía apagar la avioneta y no la podía dejar allí*"[2]. La aeronave despegó por la pista 27, ascendió en rumbo de pista[3] y, posteriormente, descendió en una actitud de picado muy pronunciado hasta impactar con el terreno.

Tras el contacto con el terreno, la aeronave se incendió, provocando la explosión del dispositivo de activación del paracaídas balístico. Las dos personas a bordo fallecieron en el accidente y la aeronave quedó destruida (figura 1). La posición relativa de la aeronave respecto a la pista se muestra en la figura 2.

[2] Palabras textuales utilizadas por la persona del restaurante que habló con el piloto.

[3] En base a las declaraciones de los testigos que se han incluido en el apartado 1.17.

Figura 1. Aeronave EC-FP6 tras el impacto e incendio

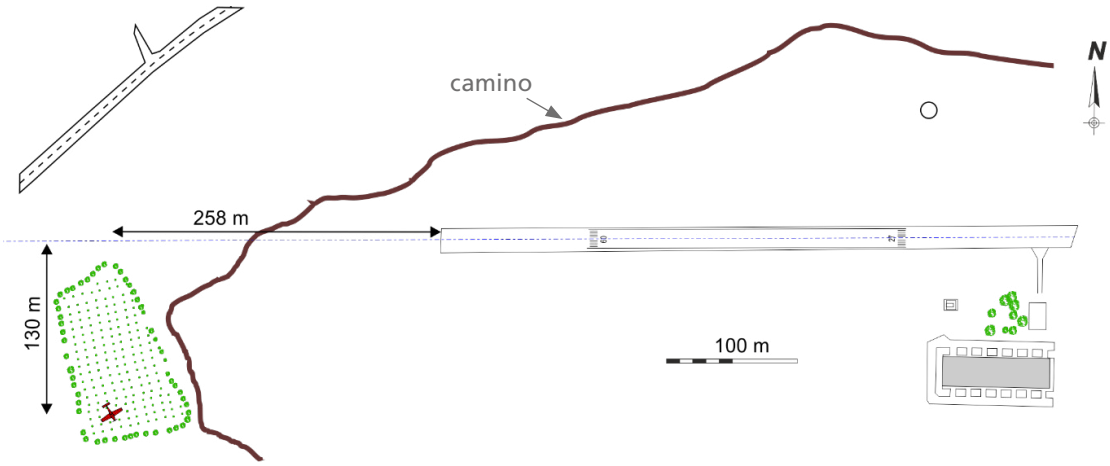

Figura 2. Posición de la aeronave respecto a la pista

1.2. Lesiones personales

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

1.3. Daños a la aeronave

La aeronave resultó destruida como consecuencia del impacto y del incendio.

1.4. Otros daños

Ninguno.

1.5. Información sobre el personal

El piloto, de nacionalidad española y 51 años de edad, era piloto de ultraligero desde enero de 2011. Tras la obtención del título, el piloto había renovado la licencia anualmente hasta enero de 2016. Desde enero de 2016 hasta agosto de 2016 había tenido el título caducado. Con fecha del 22/08/2016 obtuvo la renovación de la licencia, a través de la escuela de Casarrubios[4], por lo que estaba en vigor en el momento del accidente. Su certificado médico había sido renovado en abril de 2016 y se encontraba en vigor en el momento del accidente.

En el año 2011, tras obtener el título de piloto de ultraligero, el piloto había comprado, junto con 7 personas más, con las que había coincidido en el curso para la obtención del título de piloto de ultraligero, la aeronave EC-FP6, con la que volaba desde entonces. No se ha podido conocer a través de ninguna documentación el número exacto de horas, pero según la estimación realizada por el resto de propietarios, el piloto debía tener, como mucho, 200 h de vuelo totales. Se ha podido confirmar la actividad del piloto en esta aeronave en el año 2016 (10 vuelos con un cómputo total de 12,19 h) y en el 2017 (2 vuelos con un cómputo total de 1,95 h: uno el día 28 de enero y en febrero el día del accidente).

Según la información proporcionada por los propietarios y por el dueño del restaurante, el piloto solía hacer el trayecto Casarrubios-Villaverde para comer y regresar. En concreto, se confirmó que lo hizo el día 28 de enero y, al menos, otra vez en diciembre de 2016.

[4] Para la renovación, el piloto realizó dos vuelos que incluyeron 3 despegues y tres 3 aterrizajes, en doble mando con una aeronave Tecnam P2002 de la escuela. Tras estos vuelos superó un examen práctico con un examinador de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA).

1.6. Información sobre la aeronave

La aeronave, un ultraligero homologado, modelo Tecnam P2002 Sierra[5] S/N P2002 047, estaba equipada con un motor Rotax 912 ULS2 S/N 5650782. Fue fabricada en el año 2008 por Aero Empordá. En el año 2009 fue matriculada en España por el primer propietario con una hélice bipala y sin paracaídas balístico. En el año 2011, la aeronave fue vendida a un grupo de 8 personas que se habían constituido como club deportivo[6] y que, en la actualidad, constaban como propietarios de la aeronave. Según los nuevos propietarios, la aeronave tenía una hélice tripala y un paracaídas balístico. Este cambio de titularidad había sido inscrito, con fecha de 07/10/2011, en el registro de matrícula de aeronaves. La aeronave estaba asegurada y tenía un certificado de aeronavegabilidad restringido (CAR) emitido en el año 2009[7].

En el momento del accidente, se estima[8] que el número de horas de aeronave y motor era de 965,79 h. La capacidad máxima de combustible de la aeronave era de 100 l (distribuidos en dos tanques de 50 l cada uno).

1.6.1. Mantenimiento de la aeronave

Según la información proporcionada por los propietarios, el mantenimiento de la aeronave era realizado por ellos mismos[9] para las tareas más sencillas (cambio de aceite, bujías y filtros), y por un mecánico especializado cuando las tareas eran de mayor complejidad.

---

[5] Según figuraba en la documentación de la aeronave, era el modelo Tecnam P2002 Sierra. En la aeronave estaba pintado el logo del Tecnam P2002 Sierra de luxe y los propietarios informaron que el modelo era el "de luxe". Los manuales de vuelo de la Tecnam P2002 Sierra y la Tecnam P2002 Sierra de luxe son distintos.

[6] Este grupo de personas habían coincidido durante el curso de piloto de ultraligero entre finales de 2010 y principios de 2011. Tras obtener la licencia, decidieron comprar una aeronave, constituyéndose como club deportivo en febrero de 2011 e inscribiéndose en el Registro de Entidades Deportivas de Madrid. Los propietarios habían ido cambiando desde el 2011 por distintas circunstancias aunque, algunos de ellos, como era el caso del piloto accidentado, se mantenía desde el principio. El club tenía un reglamento de régimen interno en el que se establecía, entre otras cosas:

- que cada socio debía recibir la "suelta" por parte de un instructor. Esta suelta debía realizarse también después de un periodo de inactividad superior a 3 meses.
- existía un libro de vuelos de Club en el que, tras cada vuelo, se anotaba la fecha, hora, nombre del piloto, incidencias, tiempo de utilización y combustible repostado (estas hojas iban a bordo de la aeronave junto con el resto de documentación y se quemaron en el incendio).

[7] Certificado emitido de acuerdo al Certificado de aeronavegabilidad de Tipo nº 281-I de la Dirección General de Aviación Civil Española. La validez del certificado de aeronavegabilidad era indefinido.

[8] Las hojas de registro de vuelos del mes de enero y febrero de 2017 se quemaron en el accidente, ya que estaban a bordo de la aeronave. Las anteriores habían sido retiradas y se pudo obtener información del año 2016. En base a estos datos y a la reconstrucción de vuelos por los propietarios en enero y febrero de 2017, se han podido estimar las horas en el momento del accidente.

[9] Uno de los antiguos propietarios había estado suscrito a las publicaciones del fabricante del motor.

En octubre de 2015 la aeronave realizó una "*toma dura*", según la declaración de los propietarios, en el aeródromo de Casarrubios del Monte que obligó a una reparación de la aeronave. Esta reparación fue encargada a un taller de mantenimiento, Álamo Aviación[10] que, según la información proporcionada por el propio centro, "no generó ningún tipo de orden de trabajo, ni a nivel de CAMO[11] ni de centro de mantenimiento 145, debido a la naturaleza privada del encargo". La reparación, según informó el taller, afectó a los siguientes elementos:

- Sustitución del tren de morro y las ballestas del tren principal.
- Sustitución de la bancada del motor.
- Carenado inferior del motor.
- Sustitución de la hélice y reglaje de la misma.
- Reglaje de carburadores.
- Sustitución del embrague del motor de arranque.
- Chequeos y puesta a punto de la reductora.
- Cambio de los neumáticos.

Los trabajos realizados finalizaron en marzo de 2016, en que la aeronave volvió a ponerse en vuelo con 886,82 h. El 07/07/2016, con 913 h (según constaba en la documentación de trabajo proporcionada por el técnico de mantenimiento al que le encargaban tareas más complejas), se realizaron varias actuaciones (colocar radiador de aceite, tensar los cables del timón de dirección, sujetar los cables del carburador y cortar la punta del tubo de entrada del filtro de combustible). Tras esta última actuación no se le realizó ningún otro mantenimiento. Ninguno de los propietarios había notado ningún problema ni con la aeronave ni con el motor.

1.6.2. Actividad de la aeronave

Desde marzo de 2016, en que la aeronave se puso en funcionamiento con 886,82 h, hasta el 8 de febrero de 2017, había volado 78 h:

- De marzo a diciembre de 2016: 68,27 h
- Enero 2017 (los días 7, 8 y 28): 10,05 h
- Febrero 2017 (el día 8): 0,65 h

[10] Organización Parte 145 aprobada por AESA ES.145.151.

[11] Organización de gestión de mantenimiento de la aeronavegabilidad.

1.7. Información meteorológica

Para la investigación se ha obtenido la información publicada por AEMET[12] (METAR[13] y TAF[14] publicados de aeropuertos más cercanos y mapas significativos de baja cota) que hubiese podido consultar el piloto antes del vuelo. Además, se han obtenido los datos de viento que se registraron (por varias estaciones de AEMET y por un parque eólico) en las cercanías del aeródromo de destino. La figura 3 muestra la ubicación de las estaciones y el parque eólico respecto al lugar del accidente.

Figura 3. Ubicación de estaciones meteorológicas

1.7.1. Información meteorológica de AEMET que hubiese podido consultar el piloto

Las estaciones aeronáuticas más cercanas al aeródromo de Casarrubios del Monte, punto de origen del vuelo, son las de los aeropuertos de Cuatro Vientos (30 km al noreste) y Getafe (30 km al este). La información meteorológica emitida para estos aeropuertos fue la siguiente:

- Los METAR desde las 08:00 h a las 12:00 h (locales) mostraron que a primera hora había viento del oeste de 20 km/h (11 kt) en Cuatro vientos y 24 km/h (13 kt) con rachas de 42 km/h (23 kt) en Getafe y que fue disminuyendo hasta ponerse en calma a las 12:00 h.

[12] Agencia Estatal de Meteorología.

[13] Informe de observación de aeródromo.

[14] Informe de pronóstico de aeródromo.

- Los TAF emitidos a las 10:00 h pronosticaban viento variable de 9,2 km/h (5 kt), para el periodo entre las 10:00 h y las 19:00 h, con las siguientes variaciones según periodos:
  - Entre las 10:00 h y las 12:00 h: viento del norte de 18 km/h (10 kt).
  - Entre las 13:00 h y las 18:00 h, con una probabilidad moderada del 40%: viento del norte de 28 km/h (15 kt) con ráfagas de 46 km/h (25 kt).
- Los TAF emitidos a las 12:00 h, para el periodo entre las 13:00 h y las 22:00 h, pronosticaban viento del norte de 22 km/h (12 kt), con las siguientes variaciones:
  - Entre las 13:00 h y las 18:00 h: viento del norte de 28 km/h (15 kt) con ráfagas de 46 km/h (25 kt).

Las imágenes de satélites y radar no registraron actividad convectiva y se confirmó que la nubosidad era escasa. La situación meteorológica era favorable a la presencia de cizalladura, ya que estaban desacoplados el viento en superficie y el de niveles medios y altos. Esto se reflejó en el mapa de tiempo significativo de bajo nivel emitido a las 7:00 h (6 UTC), que es el que hubiese podido consultar el piloto. El vuelo entre Casarrubios y Villaverde se encontraba en una zona de turbulencia moderada hasta los 8000-10000 ft y la presencia de ondas orográficas.

1.7.2. Datos de viento del Parque Eólico Cerro de la Oliva y de estaciones AEMET

Al noreste del aeródromo de Villaverde y separado del mismo 6800 m, se encuentra el Parque Eólico Cerro de la Oliva, a 820 m de elevación[15]. Los registros de orientación e intensidad del viento, en periodos de 10 min, se muestran en la siguiente tabla. Para cada uno de los datos se han añadido las componentes de viento en cara y viento cruzado que se tendrían operando por la pista 27:

Hora (h)	Velocidad (km/h)	Dirección (º)	Viento cruzado (del N, por la derecha) (km/h)	Viento en cara (del W) (km/h)
14:00	26,05	323,6	21	15
14:10	29,74	327,6	25	16
14:20	30,75	321,8	24	19
14:30	29,69	321,4	23	19

[15] El aeródromo de Villaverde se encuentra a 721 m de elevación.

Las estaciones de AEMET más cercanas al aeródromo de Villaverde, punto de destino del vuelo, eran Mora de Toledo (a 17 km al este y a 717 m de elevación), Toledo (a 21 km al norte y a 515 m de elevación) y San Pablo de los Montes (a 34 km al suroeste y 917 m de elevación). Los valores de viento medio y máximos registrados por estas estaciones, entre las 14:00 y 14:45 h, fueron los que se muestran en la siguiente tabla. Para cada uno de los datos se han añadido las componentes de viento en cara y viento cruzado que se tendrían operando por la pista 27:

Estación	Velocidad (km/h)	Dirección (°)	Viento cruzado (del N, por la derecha) (km/h)	Viento en cara (del W) (km/h)
Mora de Toledo	Media: 14	315	10	10
	Máximo: 27	315	19	19
Toledo	Media: 20	360	20	0
	Máximo: 37	360	37	0
San Pablo	Media: 18	360	18	0
	Máximo: 34	360	34	0

1.8. Ayudas a para la navegación

No aplica.

1.9. Comunicaciones

La aeronave no realizó ninguna llamada de emergencia.

1.10. Información de aeródromo

El aeródromo de Villaverde (Toledo), de 721 m de elevación, tiene una única pista de tierra de orientación este-oeste 09/27. La pista se encuentra en una zona de tierra compactada de 500 m de longitud por 20 m de ancho, aunque la longitud de pista (entre marcas de inicio y final de pista) es de 245 m de longitud por 14 m de ancho.

El terreno donde se encuentra la pista está en pendiente, de tal forma que en la operación por la pista 27 el terreno asciende y por la pista 09, el terreno desciende.

1.11. Registradores de vuelo

La aeronave llevaba instalado un GPS marca GARMIN modelo AERA 500. Se recuperó del lugar del accidente y se envió al laboratorio de registradores de la autoridad de investigación de accidentes aéreos de Francia para su descarga. No fue posible obtener ninguna información debido a la alta exposición al fuego del equipo.

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

La aeronave se encontró en un campo en el que estaban plantados árboles frutales formando hileras de orientación norte-sur. La aeronave en el descenso no había dañado ninguno de los árboles ni se apreciaban marcas de arrastre en el terreno, indicativo de un impacto vertical. Los restos estaban concentrados, sin dispersión. La aeronave se encontraba en posición normal de vuelo, apoyada sobre el fuselaje inferior y presentaba daños por impacto y por fuego (ver apartado 1.14). No faltaba ningún elemento estructural de la aeronave. La figura 4 muestra un esquema con la distribución general de los restos.

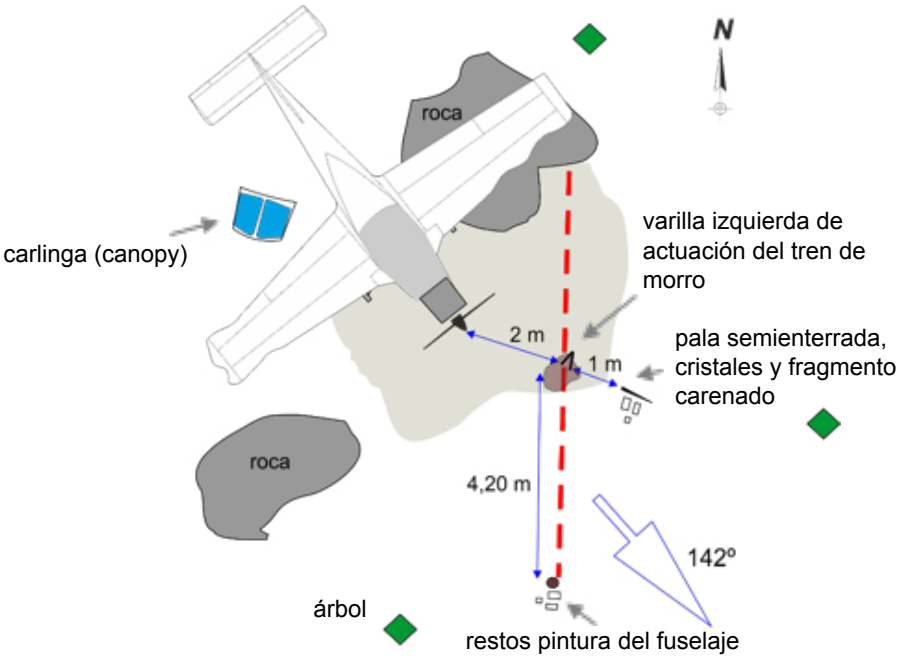

Figura 4. Distribución de restos

El conjunto de cola, incluidas las marcas de matrícula que se podían leer, había permanecido libre de daños de impacto y de fuego. Presentaba unas leves marcas de compresión en sentido longitudinal en la unión con el fuselaje delantero. Se identificó una marca en la varilla de transmisión del mando de control de profundidad, producida a su paso por una de las guías por el fuselaje trasero, que indicaban que

en el momento del impacto la posición del mando era la de "encabritado o morro arriba".

El plano derecho estaba afectado en toda su extensión por marcas de deformación por compresión que se habían iniciado desde el extremo de plano hacia el encastre. El primer tercio del plano presentaba una torsión pronunciada. El extremo del plano estaba roto con desprendimiento de material. El plano izquierdo estaba menos dañado que el plano derecho. Los daños que mostraba eran marcas de compresión y estaban localizadas principalmente en el borde de ataque. El extremo de plano presentaba daños mínimos y, de hecho, mantenía la luz intacta. El plano izquierdo estaba apoyado sobre una piedra que había en el terreno. Ninguno de los dos planos parecía haberse desplazado respecto a su posición de instalación. Se confirmó que los flaps estaban retraídos.

Figura 5. Plano izquierdo y derecho tras el accidente

La cabina y el resto del fuselaje delantero estaban destruidos como consecuencia del fuego. Se había producido fundición del material debido al calor. No se pudo recuperar ningún equipo del panel de instrumentos. Se encontraron las válvulas de selección de combustible en cabina. Se confirmó que la posición de estas llaves era de tanque derecho abierto y tanque izquierdo cerrado. Respecto al resto de mandos de actuación en cabina no se pudo identificar ningún mando debido al elevado grado de daños por fuego.

El motor no se había separado del resto de la aeronave y se encontraba unido a la estructura. No presentaba deformaciones por impacto importantes y, de hecho, los escapes mantenían sus radios de giro. Sí estaba afectado por el fuego. Las conclusiones sobre el desmontaje e inspección del motor se han incluido en el apartado 1.16.2.

La hélice se mantenía unida al motor. Dos de las tres palas estaban unidas al buje y estaban prácticamente intactas, manteniendo, aunque quemadas, su forma en un 90%. La tercera pala se encontraba, sin quemar y semienterrada, tres metros delante de la aeronave, junto con algunos restos de cristales y un fragmento de carenado. Dos metros por delante de la aeronave, se encontró semienterrada y doblada, la varilla izquierda de actuación del tren de morro. A la derecha de donde se encontró esta varilla, a 4,20 m, había restos de fuselaje de la aeronave sin quemar en el terreno.

Figura 6. Hélice y motor tras el accidente

La carlinga (canopy) se encontraba al lado del borde de salida del plano derecho, apoyada hacia arriba. Los cierres estaban cerrados.

1.13. Información médica y patológica

Se pudo confirmar que el propietario de la aeronave estaba en el asiento de la izquierda y que el acompañante estaba sentado a la derecha. Había diferencias en la complexión de ambos ocupantes, estimando el peso de la persona sentada a la izquierda en 85 kg y el de la derecha en 60 kg.

1.14. Incendio

La aeronave sufrió un incendio tras el impacto con el terreno. Transcurrido un tiempo, coincidente con la llegada de varios testigos que intentaron auxiliar a las personas a bordo, se produjo la explosión del dispositivo del paracaídas balístico. Se estima que la aeronave estuvo ardiendo durante 30 min, desde la hora de ocurrencia del accidente (14:30 h) hasta la llegada de los bomberos a las 15:00 h. Cuando llegaron todavía había pequeños focos de fuego activos en la aeronave que fueron extinguidos con agua. La intensidad del fuego había sido diferente según las zonas de la aeronave:

- El incendio había afectado de forma intensa al 70% al fuselaje delantero de la aeronave (compartimento de cabina y motor). Tan sólo la carlinga (canopy), que había salido despedida, no tenía marcas de fuego. El conjunto de cola (los últimos 2 m) se mantenía intacto, manteniendo la pintura y marcas de matrícula, sin signos de fuego o humo.

- El plano derecho tenía marcas de fuego intenso en un 40% de su superficie, en la zona del plano más cercana al fuselaje. El extremo del plano no presentaba marcas de fuego.
- El plano izquierdo estaba afectado también por el fuego, pero en menor medida que el plano derecho. Aproximadamente un 25% de la superficie más cercana al fuselaje había estado sometida al fuego. El borde de ataque presentaba marcas de humo y fuego de menor intensidad. El resto del plano izquierdo mantenía la pintura.

1.15. Aspectos relativos a la supervivencia

Tras el impacto con el terreno, la aeronave se incendió. Las primeras personas que accedieron a la aeronave fueron dos: una de ellas el dueño del aeródromo y la otra un trabajador que estaba trabajando en una finca cercana. A pesar de haberse iniciado ya el fuego en la zona derecha de la cabina, intentaron sacar a la persona sentada en el lado izquierdo. Tiraron de ella pero no consiguieron sacarle debido a que llevaba el cinturón de seguridad puesto. El fuego empezaba ya a extenderse por el lado izquierdo de la cabina imposibilitando ningún tipo de actuación sobre el cinturón. Cuando estaban realizando esta acción sobre la persona sentada a la izquierda, vieron salir proyectada, a gran velocidad, y hacia la parte trasera de la aeronave, una pieza pequeña. Esto les asustó y les hizo alejarse. A los pocos segundos se produjo la explosión, debido a la exposición a alta temperatura, del dispositivo de activación del paracaídas balístico.

La revisión de los tiempos de llegada y activación de los servicios de emergencia permitió confirmar que la primera llamada al servicio de Emergencias 112 de Castilla la Mancha se registró a las 14:31 h. En esta llamada se informaba que "*una avioneta se ha estrellado, que la han visto volar muy baja y que está ardiendo*". Como consecuencia se movilizaron servicios médicos, de bomberos, técnico de protección ciudadana y Guardia Civil.

1.16. Ensayos e investigaciones

1.16.1. Entrevistas a testigos

Se entrevistaron un total de 17 personas[16]. De ellas, 7 habían presenciado el accidente desde distintas ubicaciones. La mayor parte de la información proporcionada por los testigos se ha incluido a lo largo del informe, por considerarse de mayor interés para

[16] No se incluyen las entrevistas realizadas al mecánico y el centro de mantenimiento, ya que la información relativa a este ámbito está incluida en el apartado 1.6.1.

la comprensión del accidente. En este apartado, se incluye información adicional proporcionada por los testigos durante la investigación:

Dueño A del aeródromo:

- Confirmó que el piloto volaba mucho al aeródromo de Villaverde y que solía hacer lo mismo que pretendía el día del accidente: desplazarse en avión, aparcar el avión en el aeródromo, comer en el restaurante y regresar a Casarrubios del Monte. La última vez que lo hizo había sido 15 días antes.

Dueño B del aeródromo- ubicado en 1:

- Estaba entrando en coche por la carretera perpendicular a la pista cuando vio que una aeronave se preparaba para el despegue. Sólo vio el despegue, no el aterrizaje previo.

Figura 7. Posición de los 7 testigos que vieron el accidente

Cazador: testigo ubicado en 2:

- Estaba en el bar del aeródromo, con otro cazador ubicado en 3.
- Vio a la aeronave aterrizar y despegar en sentido contrario al que aterrizó. Pudo ver que eran un hombre y una mujer.
- Estuvo un rato parado (3-4 min) con la hélice girando. Pensó que iban a parar pero despegó de nuevo. Agotó toda la pista.

- En su opinión iba muy despacio. Subió como en dos tramos: primero un poco y luego otro poco. En seguida se oyó el impacto.
- Fue al lugar del accidente pero no pudieron hacer nada. Se tiraron al suelo porque empezaron a salir piezas disparadas y luego explotó.
- El viento era del norte-noreste.

Cazador: testigo ubicado en 3:

- No proporcionó ninguna información.

Trabajador en finca- ubicado en 4:

- Estaba en frente del lugar donde cayó el avión.
- Eran tres personas y las tres[17] estaban apoyadas en el coche mirando hacia la aeronave. Estaban preparándose para empezar a trabajar.
- Confirmó que eran las 14:30 h.
- Le vio subir hasta una altura que no superaba dos postes de la luz[18].
- Le llamó la atención el alabeo[19]. Le vio caer en picado[19] y salir fuego inmediatamente.
- Fue al lugar del accidente y el avión ya estaba ardiendo.

Trabajador en finca- ubicado en 5:

- Escuchó el ruido del avión. Están acostumbrados a verlos despegar.
- Le vio bajar el plano izquierdo, luego el derecho, luego el izquierdo y caer en picado al suelo.

Cazador- ubicado en 7:

- Eran las 14:30 h y se dirigía hacia la finca donde está ubicado el aeródromo ya que era el último día de caza. Iba en coche y vio a la aeronave de frente.

[17] De estas tres personas, se entrevistó a dos de ellas.

[18] Los postes de la luz tienen una altura de 13 m. Se entrevistó a este testigo en el lugar donde vio el accidente y la estimación de altura se hizo en relación a un poste de un tendido eléctrico.

[19] Este término no fue utilizado por el testigo.

- Venía mucho a la finca donde está el aeródromo a cazar y estaba acostumbrado a ver despegar avionetas.
- Le llamó la atención que la aeronave no cogía altura. La vio alabear[19] a derecha e izquierda y caer en picado[19].
- Llegó al aeródromo, se acercó al bar y pidió a una de las personas que había allí que le acompañasen. Cuando llegaron, ya estaba el dueño del campo (lo conocía) y otra persona intentando sacar al piloto.
- De repente vieron que salía despedida una pieza pequeña hacia atrás, les dio miedo que el avión explotara y se alejaron del avión. A los pocos segundos se produjo una explosión.
- El viento era del norte-noroeste.

Dueño del restaurante:

- Informó que el piloto accidentado solía venir al restaurante a comer en avioneta. Había estado 1 año y medio sin venir debido a que el avión estaba averiado, según el propio piloto le había comentado en una ocasión. Desde octubre de 2015 había venido 3 veces, la última hacía 15 días.
- Habló con él por teléfono a las 11:00 h cuando el piloto reservó y sobre las 14:00 h para anular la reserva. Indicó que no estaba nervioso, que era un hombre calmado.

Piloto en Casarrubios del monte:

- Cuando él regresaba a su hangar coincidió con la aeronave accidentada, ya que tenían el hangar enfrente.
- La aeronave estaba parada, con la cabina cerrada y el motor arrancado.
- Lo vio entre las 13:00 y 13:30 h.
- En Casarrubios había viento cruzado pero no racheado.

Propietarios[20]:

- Desconocían el pesado del avión y el informe de carga y centrado realizado tras la fabricación del avión.
- No utilizaban los datos de peso: sabían que podía ir dos personas a bordo.

[20] Se entrevistó a los 7 propietarios restantes del avión y a uno de los antiguos propietarios.

- Su política de combustible era siempre volar con los tanques llenos, o en todo caso, nunca menos de la mitad. Nunca volaban con menos combustible que éste.
- Volaban con un depósito cerrado.
- Tenían un acuerdo y no operaban con vientos de 20-25 km/h.
- Ninguno de los propietarios había tenido ningún problema previo con la aeronave o con el motor.

Instructor de vuelo de Casarrubios:

- Había estado volando en dos ocasiones con esta aeronave: el 08/01/2017 durante 3 h y el 23/12/2016 1h 34min. En ambas ocasiones, realizando el vuelo de "suelta" de un nuevo propietario.
- En ninguno de los dos vuelos, notó nada a la aeronave o al motor.

1.16.2. Inspección del motor

El día 9 de marzo de 2017 se realizó una inspección del motor de la aeronave. Los elementos que se pudieron inspeccionar, y las conclusiones, se enumeran a continuación:

- Cilindros: se desmontaron completamente todos los cilindros. El estado y coloración que presentaban los cuatro cilindros (negro) indicaban haber estado trabajando en el rango inferior de temperatura. La superficie interior de los cilindros 1 y 3, situados en la parte derecha del motor (visto este desde la posición del piloto) presentaba rugosidades, no estaba liso, indicativo de un proceso de haber estado sometido a mucha temperatura y un enfriamiento brusco. Los cilindros 2 y 4 no presentaban estas rugosidades.
- Bujías: todas las bujías presentaban coloración negra, indicativa de un régimen de trabajo a baja temperatura, coherente con la coloración de los cilindros. Las bujías inferiores 2 y 4 presentaban depósitos brillantes en el fondo de la bujía. Las bujías del cilindro 1 presentan restos de carbonilla que se considera habitual. De entre todas las bujías del motor, la 1 superior, estaba cortocircuitada.
- Bomba de combustible: había desaparecido por completo debido al fuego. Sólo se pudo desmontar el eje de la bomba, que no presentaba marcas de rozamiento, desgaste o problemas de giro.
- Filtro de aceite: a pesar de haber estado sometido a fuego intenso se pudo desmontar. Se detectaron numerosas partículas de material no metálico.
- Bomba de aceite: estaba en buen estado, no tenía signos de fricción o gripaje y no tenía partículas ni depósitos.

- Tornillo magnético: presentaba numerosas partículas adheridas. A pesar de que no se ha podido confirmar cuándo fue la última revisión de este tornillo, se considera muy probable que en la reparación realizada a la aeronave se revisase. Esto supondría que desde ese momento habrían transcurrido 90 h. Para ese número de horas, hubiese sido esperable que no hubiese ninguna partícula. Por lo tanto, se considera que la cantidad de partículas metálicas depositadas en el tornillo son excesivas e indicativas de un futuro fallo del motor.

- Motor de arranque y disco magnético: se quitaron de sus alojamientos para seguir desmontando el motor. El estado de afección por el fuego no permitió ningún análisis de estos elementos.

- Reductora de la hélice:
  - El embrague de fricción presentaba un desplazamiento de la hendidura de control[21] de la carcasa superior en sentido contrario al que debería haberse producido. La figura 8 muestra el desplazamiento de las carcasas del embrague del motor de la aeronave EC-FP6 y de otro embrague en el que se produjo una parada brusca de la hélice durante un impacto con el terreno con el motor desarrollando potencia. El desplazamiento de la hendidura de control se había realizado hasta el reborde de la hendidura de la carcasa inferior.

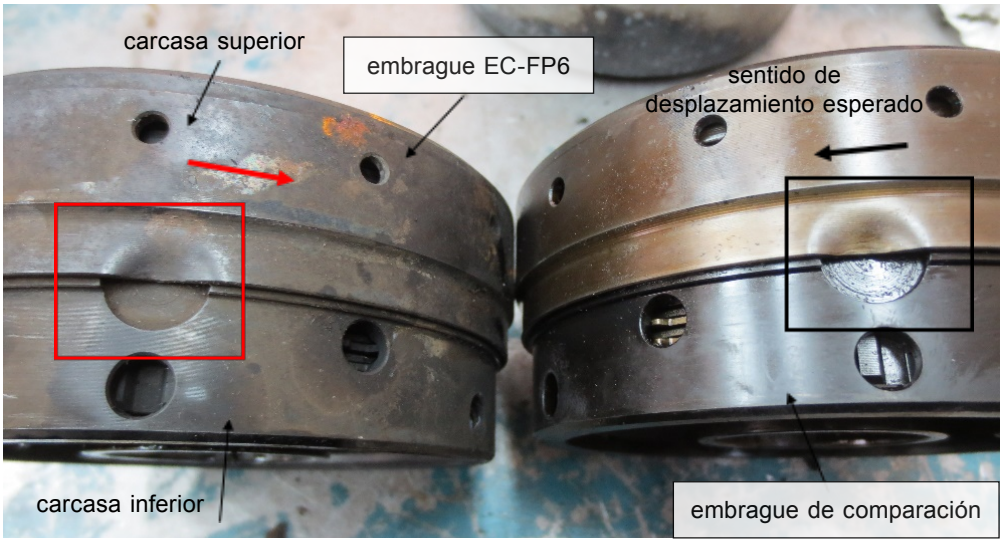

Figura 8. Desplazamiento en sentido contrario de la hendidura de control del embrague

[21] En el caso de paradas de la hélice instantáneas cuando el motor desarrolla potencia, el embrague de fricción absorbe parte o completamente, según el caso, el movimiento de torsión que se produce en los ejes de la reductora para evitar trasladar los daños al cigüeñal. Es decir, el embrague de fricción actúa como elemento fusible. El embrague está precargado y cubierto con dos carcasas. Cuando se monta, se realizan dos hendiduras en ambas carcasas que actúan como indicador de control, y estas marcas son concéntricas. En el caso de impacto con el terreno, la carcasa inferior se detiene solidaria a la hélice y la carcasa superior tenderá a mantener el giro que le transmite el motor, produciéndose el desplazamiento de una carcasa con respecto a la otra (siempre que el motor desarrolle potencia suficiente para superar la precarga del embrague). El desplazamiento es de milímetros y se detiene hasta que la parte deformada de la carcasa superior hace tope con el reborde de material de la carcasa inferior.

- Se detectaron desgastes en los semi-anillos de sujeción de la hélice y en dos de las tres arandelas cóncavas de presión. El resto del conjunto de la reductora no presentaba indicios de rotura o problemas de haber funcionado de forma irregular.

- Cigüeñal: el asiento del apoyo del cigüeñal estaba en buen estado. El eje estaba agarrotado y presentaba desviaciones de la excentricidad en uno de los extremos.
- Taqués: el taqué del escape número 4 presentaba una marca ovalada en la superficie de contacto con la leva, indicativo de que el movimiento rotatorio sobre la leva no se estaba produciendo de forma correcta. El resto de los taqués estaban en buen estado.
- Árbol de levas: las levas del cilindro número 4 mostraban desgaste de material, siendo más evidente en la leva del escape número 4.

El resto de elementos y accesorios del motor estaban dañados por efecto del fuego y no pudo realizarse ningún tipo de inspección y prueba sobre ellos.

1.16.3. Certificado de Tipo nº 281-I de la DGAC

Las hojas de datos del certificado de tipo, con respecto al cual se emitió el CAR de la aeronave EC-FP6, indicaban los siguientes datos:

- Peso y centrado: entre el 26,0% y el 32,5% de la Cuerda media aerodinámica.
- Peso máximo al despegue: 450 kg
- Peso en vacío: 281 kg.
- Hélice: tractora bipala.

1.16.4. Informe técnico de la aeronave tras su fabricación

Como parte del proceso de construcción, en diciembre de 2008 se realizó un informe técnico por parte de Aero Empordá (constructor) que se presentó a AESA para poder realizar su matriculación. En ese informe técnico, se confirmaba que la aeronave había sido construida con una hélice bipala y sin paracaídas balístico y se incluían, entre otros, los siguientes datos de interés para la investigación:

- un pesado de la aeronave, en el que se habían utilizado unos valores de distancias al datum del modelo Tecnam P2002 Sierra (estos datos son distintos a los del modelo Tecnam P2002 Sierra de Luxe),
- los límites del centro de gravedad se establecían entre el 26% y el 32,5% (como en el certificado de tipo pero diferentes a los establecidos en los manuales de vuelo de la P2002 Sierra y la P2002 Sierra de luxe),

- un peso en vacío de 314 kg (superiores a los 281 kg del certificado de tipo y los 289 kg que establecen los manuales de vuelo de la P2002 Sierra y P2002 Sierra de luxe),
- un peso útil (combustible, peso de piloto, peso de pasajero y peso de equipaje) de 136 kg.
- un informe de vuelo de producción, con el visto bueno de la OSV nº 4, en el que el vuelo se realizó con 494 kg (54 kg por encima del máximo permitido) y se establecía la velocidad de pérdida en 64 km/h.

Estos datos no eran conocidos por los propietarios.

1.16.5. Manual de vuelo

El manual de vuelo que utilizaban los propietarios era el de la aeronave TECNAM P2002 SIERRA DE LUXE (FLIGHT MANUAL Doc. Nº 22-13-002-00, edition nº 1, 8th March 2008, revision 0)[22]. En este manual se indicaban los siguientes datos de interés para la investigación[23]:

- (Sección 1) Peso máximo al despegue: 450 kg
- (Sección 1) Peso máximo al aterrizaje: 450 kg
- (Sección 1) Peso en vacío: 289 kg
- (Sección 2) CG: Límites del centro de gravedad: 20% al 33% de la cuerda media aerodinámica.
- (Sección 2) Combustible: durante todas las fases del vuelo el motor debe alimentarse de ambos tanques. Cuando se produzcan desniveles entre los tanques, actuar sobre las palancas de combustible en la cabina.
- (Sección 2) Viento cruzado: máxima componente de viento cruzado permitida es 15 kt (28 km/h).
- (Sección 3) Fallo de motor inmediatamente después del despegue:
  - Buscar un lugar adecuado para aterrizar de forma segura.
  - La toma debe realizarse hacia delante con pequeños cambios de dirección que no excedan de los 45º hacia la izquierda y hacia la derecha.
  - Válvulas de combustible: OFF

[22] Se habían editado 2 versiones más de este manual: con fechas de abril de 2011 y mayo de 2012. En la última versión se incluía un suplemento para instalar otra hélice, de paso variable de dos palas también. No se hacía ninguna referencia a la posibilidad de instalación de una hélice tripala.

[23] En los procedimientos sólo se han incluido las partes de interés para la investigación.

- Flaps: como se necesiten

- (Sección 4) Arranque del motor: válvulas de combustible: ambas en ON.
- (Sección 4) Antes del despegue:
  - Realizar la comprobación del sistema de encendido (la caída máxima 300 rpm).
  - Flaps: 15º
- (Sección 4) Apagado del motor:
  - Mantener el motor en funcionamiento a 3000 rpm durante 2 minutos para reducir el calor residual
  - Bomba eléctrica: OFF
  - Desconectar todas las cargas eléctricas
  - Magnetos: OFF
  - Master: OFF
  - Válvulas de combustible: ambas OFF.
- (Sección 5) La pérdida de altitud durante la recuperación de pérdida, con un alabeo de 30º, es de 100 ft.
- (Sección 6) El manual no incluye los datos necesarios para realizar los cálculos de peso y centrado de la aeronave. Los valores de distancia al datum no coincidían con los utilizados en el pesado de la aeronave EC-FP6 tras su fabricación.

1.16.6. Listas de chequeo de los propietarios

Los propietarios que compraron la aeronave en el año 2011 elaboraron una lista de chequeo que llevaban a bordo plastificada. La lista tenía dos partes: una primera de procedimientos normales y otra de procedimientos de emergencia. Los procedimientos de emergencia estaban extraídos del manual de vuelo (con el nombre de "aterrizaje de emergencia" se había amalgamado el fallo de motor durante la carrera de despegue e inmediatamente después del despegue) y se les había añadido el correspondiente al accionamiento del paracaídas balístico. Los procedimientos normales contenían la mayor parte de la información del manual aunque se habían modificado varias actuaciones respecto a lo indicado en el manual de vuelo:

- La posición de flaps en despegue: se dejaba a criterio del piloto y no se indicaba 15º como en el manual de vuelo.
- Prueba del sistema de encendido: se indicaba caída máxima de 150 rpm, en vez de 300 rpm como indicaba el manual.
- La posición de las válvulas de combustible: se indicaba la operación con una válvula cerrada y la otra abierta, cambiando cada 15 min la selección del tanque.

1.16.7. Repostajes y cálculo de combustible en el momento del accidente

En base al registro de repostajes de combustible que facilitó el aeródromo de Casarrubios[24] y las horas de vuelo realizadas desde marzo de 2016, se ha obtenido un consumo medio de la aeronave de 11,73 l/h, con valores máximos de consumo de 14,8 l/h y mínimo de 8,3 l/h. Según los propietarios, el consumo era de unos 13-14 l/h[25].

La actividad y últimos repostajes realizados durante los meses de enero y febrero fueron los siguientes:

- 7 de enero: Se realizaron dos vuelos de 2 y 1,25 h. Después del último vuelo el avión fue repostado con 68 l[26].
- 8 de enero: se realizó un vuelo de 3 h. El avión se repostó con 27 l[27] y después voló 1,5 h. Este fue el último repostaje de la aeronave.
- 28 de enero: se realizó un vuelo de 1 h. Tras este vuelo, el piloto accidentado voló al aeródromo de Villaverde con el mismo plan que el día del accidente. Se estima que la duración del vuelo fue de 1,30 h.
- 8 de febrero: vuelo del accidente. Tiempo estimado de vuelo: 0,65 h.

Partiendo de que el repostaje de 27 l que se realizó el 8 de enero dejó la aeronave completamente repostada, se ha calculado la cantidad de combustible que debía llevar la aeronave antes del despegue de Casarrubios y antes del despegue de Villaverde para distintos consumos[28] (8, 12, 14 y 15 l/h):

	consumo (l/h)			
	8	12	14	15
Combustible antes del despegue de Casarrubios	69,6	54,4	46,8	43
Combustible antes del despegue de Villaverde	64,4	46,6	37,7	33,25

[24] La aeronave estaba basada en ese aeródromo y todos los reportajes se realizaban allí.

[25] Los manuales de vuelo de la Tecnam P2002 Sierra de luxe y de la P2002 Sierra establecen un consumo en crucero de entre 13,6 (a un 50% de potencia máxima al despegue) y 20,4 l/h (para un 75% de potencia máxima al despegue). El manual de usuario del motor Rotax 912 ULS establece un consumo de 27 l/h (para potencia máxima al despegue), de 25 l/h (para potencia máxima continua) y de 18,5 l/h (para un 75% de potencia máxima continua).

[26] Según el propietario que repostó, lo hizo hasta la máxima capacidad.

[27] Según el propietario que repostó, lo hizo hasta la máxima capacidad y lo comprobó visualmente. Esto supone un consumo de 9 l/h.

[28] Considerando los consumos medios calculados, consumos puntuales máximo y mínimo y consumo facilitado por los propietarios.

Estos datos muestran que en el caso más desfavorable (consumos de 15 l/h) la aeronave tenía 33 l en el momento del accidente y 43 l cuando el piloto inició el vuelo desde Casarrubios.

1.16.8. Cálculo de peso y centrado para la aeronave EC-FP6

Utilizando los resultados de la tabla anterior, se han realizado cálculos para la estimación del peso y centrado de la aeronave en las siguientes 8 condiciones de operación:

- Para los vuelos del día 8 de febrero de 2017 (sin equipaje):
    1. antes del despegue desde el aeródromo de Casarrubios en la condición de máximo consumo de combustible (15 l/h).
    2. antes del despegue desde el aeródromo de Casarrubios en la condición de mínimo consumo (8 l/h).
    3. para el vuelo del accidente: antes del despegue desde el aeródromo de Villaverde en la condición de máximo consumo de combustible (15 l/h).
    4. para el vuelo del accidente: antes del despegue desde el aeródromo de Villaverde en la condición de mínimo consumo de combustible (8 l/h).
- Para otras configuraciones habituales en la aeronave (sin equipaje, con una o dos personas a bordo y con depósitos a media capacidad y llenos):
    5. con dos pasajeros de 86[29] kg y máxima carga de combustible.
    6. con dos pasajeros de 86 kg y depósitos a la mitad de su capacidad.
    7. con un pasajero de 86 kg y máxima carga de combustible.
    8. con un pasajero de 86 kg y depósitos a la mitad de su capacidad.

[29] 86 kg es el peso que se establece para cualquier persona a bordo, a nivel internacional, en las normativas de certificación europeas y americanas (por ejemplo en la CS-VLA) para realizar los cálculos de carga y centrado. La Orden de 14 de noviembre de 1988 por la que se establecen los requisitos de aeronavegabilidad para las aeronaves ultraligeras motorizadas (ULM) define que el peso "será no menor de 85 kg".

	aeronave en vacío	piloto[30]	copiloto[31]	combustible[32]	peso total (máx: 450 kg)	centro de gravedad (entre 26% y 32,5%)
1	314 kg	85 kg	60 kg	43 l (32,6 kg)	486,68 kg	30,10%
2	314 kg	85 kg	60 kg	69,6 l (52,8 kg)	506,89 kg	29,46%
3	314 kg	85 kg	60 kg	33,25 l (25,2 kg)	479,27 kg	30,34%
4	314 kg	85 kg	60 kg	64,4 l (48,9 kg)	502,94 kg	29,58%
5	314 kg	86 kg	86 kg	100 l (76 kg)	562,00 kg	29,20%
6	314 kg	86 kg	86 kg	50 l (38 kg)	524,00 kg	30,29%
7	314 kg	86 kg	---	100 l (76 kg)	476,00 kg	27,97%
8	314 kg	86 kg	---	50 l (38 kg)	438,00 kg	29,18%

La aeronave, sin equipaje y con los tanques repostados hasta su máxima capacidad sólo tiene un remanente de 60 kg a cubrir por el equipaje y por las personas a bordo, incluido el piloto. La operación habitual que realizaban los propietarios (dos personas a bordo y combustible lleno o, como mínimo, por la mitad), suponía incrementos de peso de entre un 16% a un 25% sobre el peso máximo permitido de operación de esta aeronave.

1.16.9. Cálculo de peso y centrado para la aeronave Tecnam P2002 Sierra

Teniendo en cuenta los datos anteriores de sobrepeso de la aeronave EC-FP6, se ha realizado el cálculo de carga y centrado para una aeronave TECNAM P2002 Sierra con un peso en vacío de 281 kg, que es el valor que se indica en las hojas de datos del certificado de aeronavegabilidad del tipo número 281-I. Los datos de certificación de esta aeronave indican que el número de plazas de la aeronave es 2. Con la aeronave cargada de combustible hasta su capacidad máxima, sólo se operaría por debajo del máximo MTOW de 450 kg, en el caso de que los dos ocupantes, en conjunto, no superen los 93 kg.

Peso útil de aeronaves Tecnam P2002 Sierra matriculadas en España

Debido al poco peso útil (peso disponible para el combustible y las personas a bordo) que tenía la aeronave EC-FP6 (136 kg), y con objeto de valorar si era un caso puntual,

[30] Con un brazo de 1,830 m obtenido del informe facilitado por Tecnam "Weight and C.G. for ULM. Report 2002/335" porque este dato no está incluido en el manual de vuelo.

[31] Con un brazo de 1,830 m obtenido del informe facilitado por Tecnam "Weight and C.G. for ULM. Report 2002/335".

[32] Con una densidad de 0,760 kg/l y un brazo de 1,530 m obtenido del informe facilitado por Tecnam "Weight and C.G. for ULM. Report 2002/335".

se ha realizado un cálculo de cuál es el peso útil de las aeronaves Tecnam P2002 Sierra matriculadas en España a fecha de 1 de marzo de 2017. De las 51 aeronaves matriculadas en España, el peso útil medio es de 132,9 kg con valores máximos y mínimos de 169 y 89 kg. Esto implica que, para una operación con los depósitos llenos de combustible (76 kg de peso), quedaría un peso disponible medio, para piloto, pasajero y equipaje, de 56,9 kg (con valores extremos de 13 kg y 93 kg).

Aplicación de los criterios de cálculo de peso máximo de la normativa CS-VLA y CS-23

El cálculo de los límites de peso se establece en las normativas de certificación de la aeronave. Para el caso de España, esta normativa es la Orden de 14 de noviembre de 1988 pero no incluye un criterio concreto para calcular la masa máxima de despegue, más allá del valor legal que define la normativa (para aviones o helicópteros biplazas 450 kg y para monoplazas 300 kg).

Con objeto de conocer los criterios para el cálculo del peso máximo al despegue, se han utilizado las dos normativas europeas que afectarían a las aeronaves inmediatamente "superiores", en cuanto a peso, a los ultraligeros:

- CS-VLA (very light aircraft), aplicable para aeronaves con MTOW de hasta 750 kg, y
- CS-23, aplicable para aeronaves con MTOW de hasta 5670 kg.

En ambas normativas (subparte B-Flight, CS 23.25 y CS-VLA 25, weight limits) se define que el peso máximo no será menor que el peso calculado de alguna de las siguientes formas:

normativa		peso máximo calculado sumando:		
CS-23	2.i	cada asiento ocupado con un peso de 77 kg[33]	aceite hasta su máxima capacidad	combustible para al menos 30 min de vuelo a máxima potencia continua[34]
	2.i.i	mínima tripulación	aceite hasta su máxima capacidad	combustible hasta su máxima capacidad[35]

[33] Para el caso de "normal and commuter category aeroplanes". Para el caso de "utility and acrobatic cateregory aeroplanes" el peso por ocupante es de 86 kg.

[34] Según el manual de usuario del motor, serían 12,5 l, lo que equivale a 9,5 kg.

[35] Según el manual de la aeronave, serían 100 l, lo que equivale a 76 kg.

CS-VLA	2.i	cada asiento ocupado con un peso de 86 kg por persona	aceite hasta su máxima capacidad	combustible para 1 hora de operación a máxima potencia continua[36]
	2.ii	un piloto de 86 kg	aceite hasta su máxima capacidad	combustible hasta su máxima capacidad

La aplicación de estos criterios a las 51 aeronaves inscritas, da los siguientes resultados:

- Conclusiones aplicando criterio de CS-23:
  - de las 51 aeronaves, sólo 6 (11%) darían un peso máximo calculado por debajo de 450 kg con los dos métodos de cálculo (2i y 2ii).
  - de las 45 aeronaves restantes, el peso máximo calculado superaría en una media de un 8% el máximo de 450 kg (con valores extremos de 3% y el 17%).
- Conclusiones aplicando criterio de CS-VLA:
  - Aplicando el criterio 2.i, ninguna de las 51 aeronaves inscritas obtendría un peso máximo calculado por debajo de 450 kg. El sobrepeso medio sería de un 13% (con valores extremos de un 5% y un 23%).
  - Aplicando el criterio 2.ii, sólo 6 aeronaves (las mismas matrículas que estaban por debajo aplicando el criterio de la CS-23) darían un peso máximo calculado por debajo de 450 kg. El resto de las aeronaves (45) tendrían un peso máximo calculado por encima de los 450 kg con una media de un 8% y valores extremos de un 3% y un 17%.
- Conclusiones sobre las 6 aeronaves cuyo peso máximo calculado sería inferior de 450 kg:
  - Son aeronaves cuyo peso en vacío es de 281 kg (5 aeronaves) y 283 kg (1 aeronave).

Informe sobre peso y centrado para ULM Tecnam P2002 Sierra de luxe del fabricante

En mayo de 2014, el fabricante de la aeronave realizó un informe de peso y centrado para la aeronave TECNAM P2002 Sierra de luxe. Los datos utilizados se basaban en unos valores de referencia que no coincidían con ninguno de los que utilizan las normativas CS. Se utilizaban 70 kg como peso estándar para una persona (en comparación con los 86 kg) y combustible para 1 h y media de vuelo (en lugar para 1 hora o media hora). El peso máximo estaba calculado utilizando:

[36] Según el manual de usuario del motor, serían 25 l, lo que equivale a 19 kg.

- Peso en vacío: 281 kg
- Dos ocupantes: 140 kg (2 personas de 70 kg)
- Combustible: 29 kg (38 l, combustible para 1:30 h de vuelo a máxima potencia continua)

1.16.10. Consultas a fabricante de motor y aeronave

Se realizaron varias consultas a los fabricantes de la aeronave y del motor en relación a varias hipótesis planteadas durante la investigación.

Una de ellas estaba relacionada con el tiempo de operación posible con las llaves de combustible cerradas. Tecnam confirmó que el combustible remanente en el circuito de combustible (desde los tanques hasta el motor) es de 0,5-0,75 l aproximadamente. Con la palanca de gases al ralentí el motor se pararía en 3 min y con la palanca de gases a máxima potencia, el motor se pararía en 30 seg.

Se realizó otra consulta a Rotax, en relación con una condición de fallo incluida en el manual de usuario del motor ROTAX 912. En el capítulo dedicado a la solución de problemas (trouble shooting) se identificaba la siguiente situación:

Engine run

Engine keeps running with ignition off

Possible cause	Remedy
Overheating of engine.	Let engine cool down at idling at approx. 2000 rpm.

Se consultó a Rotax sobre las condiciones necesarias para producirse esta situación. Rotax informó que esta situación se produce por un incremento en la temperatura del motor en combinación con una mezcla de combustible y aire inflamable. Estas condiciones producirían una auto-ignición y, por lo tanto, un giro momentáneo del árbol de levas. Rotax especificó que esta condición se puede producir en casos aislados y que, en caso de darse, se producirían pocas vueltas. Esta condición identificada en el manual de usuario no significa que el motor siga girando de forma continua e indefinida. Rotax informó que revisaría esta causa de fallo en la próxima edición del manual.

1.17. Información sobre organización y gestión

No aplica.

1.18. Información adicional

No aplica.

1.19. Técnicas de investigación útiles o eficaces

No aplica

2. ANÁLISIS

El análisis del accidente de la aeronave EC-FP6 se ha organizado en 7 apartados que han valorado los siguientes ámbitos:

- 2.1: Presentación de las conclusiones del impacto, en base al análisis de los restos.
- 2.2: Reconstrucción del vuelo realizado por la aeronave el día 08 de febrero de 2017, desde que despegó de Casarrubios del Monte, en base a las declaraciones e informes de actuación de los servicios de emergencia.
- 2.3: Condiciones, desde el punto de vista operacional, en que se realizó el último despegue.
- 2.4: Planificación y toma de decisiones durante el vuelo.
- 2.5: Estudio del problema de funcionamiento del motor descrito por el piloto.
- 2.6: Recopilación de aspectos relacionados con la prevención de la seguridad detectados en esta y otras investigaciones llevadas a cabo por la CIAIAC.
- 2.7: Operación con sobrepeso en las aeronaves Tecnam P2002 Sierra.

2.1. Análisis del impacto

La ausencia de marcas de arrastre y daños sobre los árboles frutales del campo en el que cayó la aeronave EC-FP6 indicaban, de forma clara, un impacto vertical. La concentración de los restos en el lugar del accidente descartaba la posibilidad de fallos estructurales en vuelo. Las diferencias en las marcas de compresión y torsión de los planos derecho e izquierdo, las marcas en el terreno, los restos de la aeronave que quedaron enterrados en el terreno y la intensidad de los daños en el motor y en las palas de la hélice, permiten establecer las siguientes conclusiones respecto al impacto:

- La aeronave no llevaba velocidad de traslación horizontal, sólo velocidad vertical. El impacto fue muy vertical.
- La orientación de la aeronave en el momento inmediatamente previo al impacto era de 60° aproximadamente.
- La aeronave, inmediatamente antes del contacto con el terreno, tenía un ángulo de picado y alabeo a la derecha muy pronunciados.
- El primer contacto con el terreno se produjo con el extremo del plano derecho, provocando la torsión en este plano y las marcas de compresión que afectaron a todo el plano derecho. Este contacto dejó en el terreno restos de pintura blanca que se encontraron sin quemar.

- El siguiente contacto se produjo, casi simultáneamente, con el borde de ataque del plano izquierdo, el tren de morro (que dejó la varilla izquierda del actuador enterrada y parte del carenado) y la hélice (que dejó una de las palas prácticamente intacta semienterrada). Este contacto implicaba una actitud de picado todavía marcada. En este segundo contacto con el terreno se quedaron los fragmentos de cristales de la carlinga y del fuselaje más adelantados que se indicaban en la figura 4.
- El siguiente movimiento de la aeronave consistió en el desplazamiento de dos metros hacia atrás de la aeronave, y en el descenso del conjunto de cola, quedando la aeronave nivelada y apoyada en el terreno con una orientación de 142º. La carlinga (canopy), que estaba cerrada en el momento del impacto, se desprendió de su alojamiento en este desplazamiento hacia atrás.
- Se considera, por las deformaciones en las partes estructurales de aeronave y motor, que no fue un impacto de alta energía.

Respecto a la configuración de la aeronave se han podido establecer las siguientes conclusiones:

- Los flaps estaban retraídos.
- La aeronave tenía combustible. Esta condición ha sido confirmada tanto por los cálculos realizados (incluso suponiendo consumos máximos, es decir la condición más desfavorable) como por el hecho de que la aeronave estuvo ardiendo 30 min. La cantidad de combustible mínima que llevaría a bordo sería de 33 l (un 33% de la capacidad de los tanques).
- La llave de combustible del depósito derecho estaba abierta.
- No es posible determinar si, a pesar de existir combustible en la aeronave, la selección del depósito era la adecuada y cuál era la distribución de combustible en los depósitos. Es decir, se podría haber dado la posibilidad de que aun habiendo combustible, este hubiese estado en el depósito contrario al que estaba seleccionado en cabina. A este respecto, la operación con las dos válvulas de combustible abiertas, como establecía el manual de vuelo de la aeronave, hubiese evitado esta posibilidad.
- La posición del mando de control de profundidad en el momento inmediatamente previo al impacto era de “encabritado”.

Respecto al análisis e inspección del motor y la hélice, se establecen las siguientes conclusiones:

- Si bien el desmontaje del motor indicaba que éste estaba o bien parado o bien desarrollando baja potencia, la ausencia de daños en las tres palas de la hélice,

de fibra, incide sobre la opción de que el motor estaba parado en el momento del impacto.

- No se ha encontrado ningún problema de funcionamiento que explique, o que hubiese podido tener influencia, en la falta de potencia del motor en el momento previo al impacto.
- El motor no estaba gripado.
- La inspección del motor (por la coloración de las bujías y los cilindros) sugería que éste había trabajado a una temperatura de culata baja y que, aunque dentro de límites, produciría un menor rendimiento del motor. Esta condición de funcionamiento se habría detectado en el indicador de temperatura que existe en la cabina por parte del piloto, y habría requerido un empobrecimiento de la mezcla. Aun así no se considera de influencia en el accidente.
- La presencia de una bujía cortocircuitada tampoco se considera de influencia en el accidente, ya que el resto de bujías, incluida la otra del mismo cilindro, estaban en perfecto estado.
- El hallazgo de partículas metálicas en el detector provenían de un desgaste que se estaba produciendo en la leva número 4 del escape y su taqué correspondiente. Esto auguraba un futuro problema de funcionamiento, probablemente un gripaje, del motor en aproximadamente 500 h.

2.1.1. Práctica de mantenimiento irregular sobre el embrague de fricción

En línea con las conclusiones sobre el estado en el que se encontraba el motor en el momento del accidente, y aunque no ha tenido influencia en el accidente, la investigación detectó una práctica de mantenimiento o una manipulación irregular en el embrague de fricción que llevaba instalado la aeronave.

El embrague de fricción tiene una doble función ante impactos de la hélice estando el motor en funcionamiento: por un lado, sirve de elemento fusible, protegiendo el cigüeñal ya que es el embrague el que absorbe parte de las cargas de torsión, y por otro, como indicador, de cara a labores de mantenimiento, informando que los daños se han extendido “aguas abajo” en el motor necesitando otro tipo de inspecciones. La inspección del embrague de ficción se realiza, por lo tanto, cuando la aeronave ha tenido un impacto de la hélice con el terreno estando el motor en funcionamiento. Este fue el caso del suceso que tuvo la aeronave en septiembre de 2015. La información remitida por los propietarios y por el centro de mantenimiento no ha permitido determinar qué tipo de tarea se hizo al embrague de fricción, ni en qué estado se encontró tras este impacto, ya que no se ha podido obtener ninguna documentación de soporte. En la información identificada por el centro de mantenimiento se identificaba la tarea “chequeos y puesta a punto de la reductora”, dentro de la cual estaría el embrague de fricción.

Según la información proporcionada por el representante de Rotax en España, cuando el embrague de fricción, tras un impacto, se encuentra con la marca desplazada, se sustituye por otro, nunca se repara. En el caso del embrague instalado en la aeronave EC-FP6, el embrague había sido manipulado y se había forzado el desplazamiento de la muesca (que sirve como testigo) más allá de la posición en la que debe estar, produciendo una situación que es imposible que se produzca.

Debido a la imposibilidad de obtener ningún tipo de documentación sobre la última reparación, no ha podido identificarse qué centro de mantenimiento realizó dicha manipulación. Lo único que se ha podido confirmar es que el último centro de mantenimiento, Álamo Aviación, es el que, al menos, en la relación de tareas, inspeccionó el embrague de fricción. En esta revisión se pudieron dar varias situaciones:

- no se inspeccionó el embrague, aunque declaró haberlo hecho, o
- inspeccionó el embrague y no detectó el estado en el que estaba el embrague de fricción, o
- detectó el defecto en el embrague y lo dejó como estaba, o
- detectó el defecto del embrague y, en lugar de instalar un nuevo, intentó arreglarlo produciendo el desplazamiento que se encontró en el accidente.

Al menos una de las anteriores situaciones, o una combinación de varias, se dieron en la inspección que realizó Álamo Aviación a la aeronave. Debido a la imposibilidad de confirmar el origen de la manipulación del embrague, se emite una recomendación genérica orientada a reforzar la formación en las técnicas y prácticas de mantenimiento en los motores ROTAX que mantiene el centro de mantenimiento Álamo Aviación para todos los técnicos de mantenimiento de su organización.

2.2. Reconstrucción del vuelo

La investigación de accidentes de aeronaves como la EC-FP6, para las que no son requeridas ningún tipo de dispositivo de grabación de datos de vuelo y cuyas operaciones se realizan en espacios aéreos no controlados, presenta dificultades a la hora de reconstruir y confirmar datos del vuelo y de la operación. En el caso de la aeronave EC-FP6, la reconstrucción del vuelo se ha tenido que realizar en base a los testimonios de los 7 testigos que presenciaron el accidente, del piloto que coincidió en el aeródromo de origen y de las horas de actuación de los servicios de emergencia, ya que el dispositivo GPS, que hubiese podido confirmar la trayectoria de vuelo, no permitió la extracción de ningún dato.

En base a las declaraciones, se considera probable que el vuelo de la aeronave EC-FP6, el día 8 de febrero de 2017, ocurriese de acuerdo a la siguiente secuencia de eventos:

- Alrededor de las 11:00 h de la mañana, el piloto llamó al restaurante situado frente al aeródromo de Villaverde, para realizar una reserva para dos personas para comer.
- El piloto llegó en su coche al aeródromo de Casarrubios del Monte esa misma mañana. La aeronave fue vista, en la zona de hangares, alrededor de las 13:00-13:30 h por un piloto que regresaba de volar. Esta persona reportó haber visto a la aeronave parada, con la hélice en marcha, y confirmó ver a las dos personas a bordo.
- La aeronave llegó al aeródromo de Villaverde, donde aterrizó por la pista 09.
- Después de la toma, continuó su rodaje hasta la cabecera de la pista 27 y, sin que ninguna de las dos personas bajase, permaneció unos minutos en la cabecera de la pista 27 con el motor en marcha.
- En esos minutos en que la aeronave estuvo detenida, se produjo una llamada del piloto al restaurante. En esta llamada, el piloto anuló la reserva ya que "*no conseguía apagar la avioneta y no podía dejar la avioneta aquí*".
- Tras realizar la llamada, la aeronave se alineó en pista y despegó por la pista 27.
- Tras la rotación, la aeronave ascendió hasta una altura que se ha estimado en unos 20 m como máximo.
- La aeronave realizó tres alabeos alternativos con la siguiente secuencia: izquierda-derecha-izquierda.
- Tras estos alabeos, la aeronave adoptó una actitud de picado de casi 90º y descendió hasta impactar con el terreno, a las 14:30 h, donde se incendió. Este incendió provocaría, un tiempo más tarde, la explosión del dispositivo del paracaídas balístico.

En base a la distancia de 130 m existente entre la prolongación del eje de la pista y el punto donde se produjo el impacto de la aeronave, y las declaraciones de los testigos, se descarta que la aeronave iniciase ningún viraje hacia la izquierda tras el despegue. Por lo tanto, se considera que la posición relativa de la aeronave respecto a la pista responde a un desplazamiento durante el propio tramo de ascenso inicial, durante el descenso o una combinación de ambos.

2.3. Condiciones de operación

La descripción de la actitud de la aeronave realizada por los testigos (alabeos, altura máxima alcanzada respecto al desplazamiento horizontal y picado pronunciado) es indicativa de falta de velocidad de la aeronave en el ascenso tras el despegue. Esta falta de velocidad es coherente con las dificultades de la aeronave para ganar altura

(sólo se elevó unos 20 m según las estimaciones realizadas), con la pérdida de eficacia de las superficies de control (lo que explicaría los alabeos sucesivos en un entorno donde además tenía el viento de intensidad prácticamente cruzado) y, finalmente, la entrada en pérdida de la aeronave.

Estas conclusiones son coherentes con los resultados del análisis del impacto, que muestran que la aeronave no llevaba velocidad de traslación, que descendió de forma muy vertical y en una actitud de picado pronunciado. Es decir, existe concordancia entre las declaraciones de los testigos y la forma en que la aeronave descendió.

Entre las condiciones en que se produjo el despegue, desde el punto de vista operacional, se destacan dos: las condiciones meteorológicas, en cuanto al viento, y las condiciones de sobrepeso.

Operación con viento cruzado cercano a los límites de certificación:

Los valores que se muestran en el apartado 1.7.2 de las 4 estaciones cercanas al aeródromo de Villaverde, muestran conclusiones coincidentes en cuanto a:

- la dirección del viento en el aeródromo, en el momento del despegue y del accidente, debía ser nor-noroeste: probablemente de orientación 321º, como registró el parque eólico y coherentes con los registros de estación de Mora de Toledo. Esta orientación se confirmó también en el patrón de fuego impreso en los restos de la aeronave y que produjeron que el conjunto de cola y en plano izquierdo no resultasen afectados por el fuego.
- la intensidad del viento pudo aumentar en los momentos del despegue.
- los valores de intensidad del viento, considerando la diferencia de altitud y distancia de las estaciones respecto al aeródromo, indican que es muy probable que la componente de viento cruzado fuese cercana a los máximos de certificación de la aeronave.

El despegue con viento cruzado, y más cuando es de cierta intensidad, requiere de la aplicación de técnicas adicionales a las de despegue, para compensar el efecto del viento sobre la aeronave. Es decir, se considera una condición de complicación añadida a la operación para un piloto con poca experiencia y que además volaba esporádicamente.

Operación con sobrepeso:

Los cálculos que se han incluido en el apartado 1.16.8, muestran que la aeronave despegó del aeródromo de Villaverde con un sobrepeso, respecto al máximo certificado, de entre 29 kg (para el caso máximo consumo de combustible) y 53 kg (para el caso de mínimo consumo de combustible).

El peso y centrado de una aeronave afecta a la seguridad y eficacia de la operación. Operar una aeronave con un sobrepeso tiene reflejo directo en la operación. En lo que al análisis de este accidente se refiere, operar con sobrepeso afectaría a, entre otros, los siguientes aspectos: se necesita una mayor longitud de carrera de despegue, disminuye la velocidad ascensional, disminuye el ángulo de ascenso, disminuye la capacidad de maniobra y aumenta la velocidad de pérdida.

2.4. Planificación y toma de decisiones antes y durante el vuelo

Planificación de condiciones meteorológicas para el vuelo:

El día 8 de febrero de 2017, los pronósticos meteorológicos (TAF emitidos a las 10:00 h y 12:00 h y mapas significativos de baja cota) indicaban, para la zona y la franja horaria en que se iba a producir el vuelo, la presencia de turbulencia y, con una probabilidad moderada, viento cruzado de 28 km/h[37] con ráfagas de 46 km/h. Se considera que estos datos, que deberían haber sido consultados por el piloto como parte de la preparación del vuelo, debían ser desconocidos para él ya que los valores de viento eran significativamente elevados como para haber disuadido al piloto de la realización del vuelo. Es decir, se considera que, probablemente, el piloto no consultó los pronósticos TAF ni mapas de baja cota del día para conocer la situación meteorológica en la zona en la que iba a volar.

La naturaleza del vuelo que iban a realizar, en el que el piloto había reservado esa misma mañana porque quería enseñar al pasajero el restaurante ya que le había hablado en numerosas ocasiones de él (según describió el dueño del restaurante), se considera de influencia en la toma de decisiones del piloto en el vuelo. El piloto tenía una planificación para ese día, en la que estaba involucrada una tercera persona que no era familiar suyo y que, además, les había implicado un desplazamiento hasta el aeródromo. La tendencia natural, sobre todo si no existe ninguna información nueva que lleve a modificar el plan inicial, como en este caso hubiese sido el pronóstico meteorológico, es continuar con el plan predeterminado. Esta fue la situación que debió darse el día del accidente cuando el piloto despegó de Casarrubios del Monte.

Realización de cálculos de peso y centrado para el vuelo:

El despegue desde Casarrubios, como muestran los cálculos que se han incluidos en el apartado 1.16.8, se realizó con un sobrepeso de la aeronave, respecto a su máximo certificado, que oscilaba entre 37 kg (para el caso de máximo consumo de combustible) y 57 kg (para el caso de mínimo consumo de combustible). El cálculo del peso y centrado de la aeronave es responsabilidad del piloto, y es parte de las labores de

[37] Máximo valor de viento cruzado para el que está certificada la aeronave.

preparación y planificación del vuelo. En este caso, el piloto tampoco realizó estos cálculos y, como se desprende de las entrevistas realizadas al resto de propietarios, no se realizaba en ninguna ocasión ni por el piloto ni por el resto de propietarios por una falta de formación y conocimiento de las características de la aeronave que volaba.

Respecto al cálculo del peso y centrado, como se indicaba en el apartado 1.16.5., en el Manual de Vuelo de la TECNAM P2002 SIERRA DE LUXE, se han detectado las siguientes anomalías que son objeto de una recomendación de seguridad dirigida al fabricante de la aeronave:

- Contiene límites del centro de gravedad diferentes de los que establecen las hojas del certificado de tipo nº 281-I de la DGAC:
  - Manual de vuelo: límites de CG: 20% al 33% de la MAC
  - Certificado de tipo nº 281-I de la DGAC: CG: 26,0% al 32,5% de la MAC.
- No contiene los datos necesarios para realizar los cálculos de centrado: no están los datos de distancia al datum. De hecho, para realizar los cálculos incluidos en este informe se han tenido que solicitar el fabricante.

Por lo tanto, los propietarios sí hubiesen podido realizar un cálculo de los límites de peso con el que operaban, pero, aunque hubiesen querido, no habrían podido realizar un cálculo de centrado de la aeronave. Se emite una recomendación al fabricante para que complete la sección 6 y corrija la sección 2 del Manual de vuelo de la aeronave con la información adecuada.

Mantenimiento del plan previsto y utilización de pistas contrarias:

La intensidad del viento tampoco sirvió para disuadir al piloto, ni en vuelo ni en la aproximación al aeródromo de Villaverde, de la necesidad de cancelar el vuelo por la falta de idoneidad, para operar, de las condiciones meteorológicas, en cuanto a viento se refiere. La aeronave llegó al aeródromo de Villaverde, continuando con la planificación prevista de aterrizar y comer en el restaurante. El viento tenía orientación 315º, por lo que la pista más adecuada para realizar el aterrizaje era la pista 27. El piloto, sin embargo, aterrizó por la 09, se desconoce el motivo. Al igual que el motivo por el que más tarde despegó en sentido contrario al que había aterrizado, operación que se considera irregular.

Decisión de continuar con el vuelo con un problema de motor:

La declaración del dueño del restaurante proporcionó la única información que existe en la investigación sobre un posible problema de funcionamiento del motor. En ella el piloto pareció describir un problema relacionado con el funcionamiento del motor.

Los términos que utilizó indicaban que:

- el problema consistía en que el motor no se paraba, y que además
- el problema lo habían detectado en tierra, lógicamente, cuando habían intentado detener la aeronave para ir a comer. Esta situación es coherente con la declaración de dos testigos que indicaron que la aeronave estuvo detenida varios minutos en la cabecera de la pista y que la hélice seguía girando.

Independientemente del análisis del fallo del motor, que se desarrolla en el apartado 2.6, la decisión tomada por el piloto no fue dejar la aeronave en el aeródromo o llamar a algún mecánico o alguno de los propietarios para pedir ayuda o consultar sobre el problema que le ocurría, sino continuar el vuelo con un motor que presentaba un condición anómala de funcionamiento. En el momento en el que se le presentó el problema del motor estaba en tierra y tenía la posibilidad de elegir no continuar el vuelo.

La decisión de continuar el vuelo pudo verse influenciada por el hecho de no estar en su aeródromo de referencia y por llevar un pasajero. Probablemente tuvieron más peso los inconvenientes, desde el punto de vista logístico de dejar la aeronave en un aeródromo que no era el suyo, desplazar un mecánico allí y buscar un desplazamiento alternativo para el piloto y el pasajero de regreso al aeródromo de origen, que los riesgos que estaba asumiendo desde el punto de vista de la seguridad.

La percepción de todos los propietarios de que el motor y la aeronave "*iban muy bien*" y "*nunca les habían dado ningún problema*" pudo también afectar al proceso de decisión del piloto de continuar el vuelo hasta Casarrubios, confiando quizá en la fiabilidad de aeronave y motor.

Gestión del vuelo en la carrera de despegue:

Tras tomar la decisión de regresar a Casarrubios del Monte, en lugar de quedarse en el aeródromo de Villaverde y buscar una alternativa para solucionar el problema del motor, el piloto inició el despegue.

Los testigos coinciden en que la aeronave no realizó ningún viraje hacia la izquierda, sino que mantuvo la actitud de ascenso en rumbo constante intentando ganar altura. La situación final del ascenso fue la entrada en pérdida de la aeronave, con una componente de viento cruzado importante. La intención de regresar a Casarrubios a toda costa debió estar presente en la insistencia en ganar altura y mantener el ascenso. Por las declaraciones de los testigos, la aeronave debía tener problemas para ganar altura y, sin embargo, la decisión fue continuar el vuelo y no abortar el despegue.

El hecho de que la aeronave realizase el despegue, muy probablemente sin flaps[38], y ascendiese hasta los 20 m, indican que el motor, al menos en esta fase del vuelo, estaba en funcionamiento. Sin embargo, cuando llegó al suelo, el motor, según las conclusiones que han presentado en el apartado 2.1, no desarrollaba potencia. El estado de deterioro de los restos y la falta de datos de soporte no han permitido determinar qué ocurrió entre estos dos momentos y cuáles fueron los motivos por los que se produjo esta diferencia de estado de funcionamiento del motor: si fue comandada por parte del piloto o si fue por un fallo del motor.

Gestión de la emergencia:

Una vez la aeronave estaba en vuelo, bien por un problema del motor o bien por un problema de operación y configuración de aeronave o por una combinación de ambos, la aeronave, según sugieren las declaraciones de los testigos, entró en pérdida. Se desconoce si el piloto reconoció los síntomas de esta situación. La forma de gestionar una entrada en pérdida es disminuir el ángulo de ataque para ganar velocidad con el avión lo más nivelado posible y aplicar potencia si es posible. En este caso, los indicios que se han encontrado descartan que el piloto tuviese la aeronave configurada para gestionar una emergencia en vuelo. Una de las válvulas de combustible estaba abierta, lo que indica que tampoco estaba aplicando el procedimiento correspondiente a un fallo de motor, en el que debería haber cerrado ambas válvulas de combustible una vez asegurada la toma. Los flaps estaban retraídos y es posible que, debido al poco tiempo transcurrido entre el despegue y el impacto, en el despegue también lo estuviesen. La actitud de la aeronave en el impacto no era nivelada, como se describía en el apartado 2.1. Es decir, todo indica que el piloto no gestionó adecuadamente la emergencia o la situación de entrada en pérdida a la que tuvo que enfrentarse. La altura alcanzada, estimada en 20 m, era 10 m menor que la mínima altura de recuperación necesaria que establece el manual de vuelo. Por lo tanto, aunque hubiese reaccionado adecuadamente, no hubiese tenido altura suficiente para recuperar la pérdida.

La actitud de la aeronave inmediatamente antes del impacto indicaba que la aeronave impactó en una posición de picado y alabeo muy pronunciada, contraria a un intento de aterrizaje de emergencia controlado. La posición de la palanca del mando de profundidad indicaba que el piloto, previo al impacto, comandaba un movimiento de encabritado a la aeronave, que se considera un movimiento de respuesta instintivo ante un impacto inminente contra el terreno.

[38] La aeronave en el impacto tenía los flaps retraídos. Es muy improbable que hubiese despegado con flaps y los hubiese replegado debido al poco tiempo transcurrido y a la escasa velocidad alcanzada.

2.5. Análisis del problema del motor descrito por el piloto

Los términos utilizados por el piloto para describir el problema del motor eran los opuestos a los que, habitualmente, se suelen producir en los accidentes, donde los motores se paran.

Autoignición:

El único modo de funcionamiento autónomo del motor, es decir, que el motor siga funcionando a pesar de haber eliminado la ignición para la combustión de la mezcla (magnetos) y el suministro de combustible (válvulas de combustible), es que se produzca una condición de autoignición. Esta condición, según se consultó con el fabricante, podría darse pero produciría, como mucho, un par de giros del árbol de levas. En ningún caso la autoignición permitiría la operación del motor durante varios minutos en cabecera de pista, una carrera de despegue y un ascenso hasta los 20 m. Es decir, el tiempo de funcionamiento y operación descrito por los testigos permite descartar que el problema del motor que reportó el piloto tuviese su origen en una autoignición.

Magnetos:

El procedimiento para detener un motor consisite, de forma simple, en cortar la fuente de ignición de la mezcla (mediante los interruptores de las magnetos en cabina) y luego en el cierre del suministro de combustible a los cilindros (mediante las válvulas de combustible en cabina). Generalmente, se suelen actuar primero las magnetos, lo cual, por si sólo, ya produciría la parada del motor ya que, imposibilitaría la combustión de la mezcla en los cilindros. Si el piloto hubiese realizado esta actuación y el motor no se hubiese parado, hubiese significado que alguna parte del sistema de ignición (cableado, magneto, módulo de encendido, etc.) hubiese estado en mal estado. Esta condición de funcionamiento de las magnetos y el sistema de encendido se comprueba en las pruebas pre-vuelo que deben realizarse previas a cualquier vuelo y que el piloto, debió haber realizado en Casarrubios antes del iniciar el vuelo del ese día. Si hubiese detectado cualquier problema de funcionamiento del sistema de encendido, debería haber cancelado el vuelo, por lo que, o no se realizó la prevuelo, o se realizó y el sistema de encendido funcionaba correctamente, o si se detectó algún problema y se continuó con el vuelo, se produjo una actuación insegura.

Válvulas de combustible:

En cualquier caso, a pesar de que las magnetos detendrían por si solas el motor, en el caso de que hubiese habido algún problema con el sistema, la actuación sobre las válvulas de combustible asegurarían, como segunda medida, la parada del motor. Según las consultas realizadas al fabricante de la aeronave, confirmado por las

consultas realizadas a varios técnicos de mantenimiento de estas aeronaves, el tiempo que tarda el motor en detenerse, tras cerrar las válvulas de combustible con las magnetos en funcionamiento, oscila entre 30 seg (para el caso de tener la palanca de gases a máxima potencia) y 3 min (para el caso de tener la palanca de gases al ralentí) que es lo que tarda en consumirse el combustible remanente en el circuito.

Estos valores de tiempo y la descripción y secuencia de eventos de los testigos, descartan que la actuación sobre las válvulas de combustible fuese la correcta. Si hubiese cerrado las válvulas de combustible, el tiempo que estuvo la aeronave en tierra antes del despegue hubiese sido tiempo suficiente como para consumir todo el combustible remanente. Además, al iniciar la carrera de despegue, en una pista con pendiente positiva, hubiese terminado de consumir el combustible, si es que hubiese quedado algo y no habría podido elevarse.

Por lo tanto:

- no se ha encontrado ninguna razón técnica por la que el motor no se parase y todo parece apuntar a un error en la ejecución del procedimiento de parada del motor realizado por el piloto.
- se descarta que el despegue se produjese con las válvulas de combustible cerrado ya que al demandar potencia el motor se hubiese detenido en 30 seg, impidiendo a la aeronave incluso ganar altura, teniendo en cuenta, además, que la aeronave probablemente iba sin flaps, recorriendo una pista con pendiente positiva, con sobrepeso y con viento intenso de elevada componente de viento cruzado.

2.6. Aspectos relacionados con la seguridad en ULM

Durante la investigación de este accidente, se han identificado varios aspectos relacionados con la seguridad, sobre los que se quiere insistir y sobre los que se considera necesario emitir recomendaciones de seguridad. Estos aspectos han sido identificados no sólo en esta investigación, sino que son comunes a otras investigaciones de accidentes de aeronaves ULM llevadas a cabo por la CIAIAC:

Peligro tras un accidente de la explosión de los paracaídas balísticos:

En este accidente, la aeronave llevaba instalado un paracaídas balístico, que debido al fuego que se produjo tras el accidente, explotó. Esta explosión fue precedida por la expulsión a gran velocidad de la palanca de activación del paracaídas, lo que alertó a las personas que estaban intentando auxiliar a los ocupantes de la aeronave y se alejaron. Esto evitó que la explosión afectara gravemente a estas personas que, por desconocimiento, intentaban ayudar a los ocupantes.

Considerando la falta de información para los primeros intervinientes en un accidente aéreo, las graves consecuencias para la integridad física que supone la explosión de un dispositivo de este tipo, y teniendo en cuenta que esta situación se había producido de forma recurrente en otros accidentes investigados por la CIAIAC, se considera necesario incidir en las recomendaciones de seguridad que afectan a los paracaídas balísticos. Por este motivo, se hace referencia en este informe, a las 9 recomendaciones de seguridad relacionadas con los paracaídas balísticos que fueron emitidas en la investigación ULM A-006/2016 (referencias REC 34/17 a REC 42/17, ambas inclusive). Estas recomendaciones cubren, en su totalidad, la problemática de la señalización, información, formación y divulgación a todos los sectores involucrados, directamente o indirectamente, en la actividad de vuelo.

Falta de cultura y formación básica de seguridad del sector ULM:

Las entrevistas realizadas a los propietarios de la aeronave mostraron que eran un grupo de personas preocupadas e interesadas en hacer "las cosas bien" y en tener todos los procedimientos "en regla". Como muestra, habían elaborado unos procedimientos y listas de chequeo que llevaban plastificados a bordo, uno de ellos estaba abonado a las publicaciones del fabricante del motor y habían implantado un régimen de funcionamiento interno con prácticas muy sensatas como requerir una serie de vuelos en "doble mando" cuando cualquiera de ellos estuviese más de cierto tiempo sin volar o se incorporase un nuevo miembro en el grupo y el acuerdo tácito de no volar con más de cierta intensidad de viento.

A pesar de todas estas prácticas, la investigación no sólo en esta, sino en otras investigaciones, ha puesto de manifiesto que existe un gran desconocimiento de los pilotos de aeronaves ultraligeras, en cuanto a algunos aspectos que se consideran básicos en seguridad:

- Desconocimiento de las limitaciones de peso de la aeronave. Sistemáticamente, los propietarios de esta aeronave volaban con sobrepeso. El hecho de que la aeronave llevase dos asientos no significaba que pudiesen ir dos personas en cualquier situación de carga de combustible y equipaje. En el caso de aeronaves como la del accidente, Tecnam P2002S, los márgenes de peso son especialmente escasos (ver apartado 2.7).

- Diferencias respecto a los procedimientos utilizados por los pilotos respecto a los procedimientos establecidos en el manual de vuelo: en la aeronave del accidente se encontraron diferencias en cuanto a la gestión de las válvulas de combustible, la caída de revoluciones en la prueba de magnetos y la posición de los flaps en despegue.

- Falta de planificación y preparación del vuelo. Respecto a la meteorología existe:
  - por un lado, desconocimiento y problemas para interpretar los mapas significativos de baja cota y pronósticos de aeródromo que este tipo de vuelos

podría utilizar. No es suficiente que el tiempo presente en el momento del despegue en el aeródromo de origen esté bien, hay que conocer qué meteorología se espera en la zona en la que se va a volar.

- Por otro lado, la percepción de que las aeronaves, debido a la equipación en aviónica que tienen, "pueden con todo", incluso con la meteorología.

- Gestión incorrecta de emergencias en vuelo: la actitud con la que las aeronaves llegan al terreno, muestran una posición descontrolada de las aeronaves. El entrenamiento y la formación en emergencias básicas, como es enfrentarse a una entrada en pérdida de la aeronave o una parada de motor en vuelo debe conocerse e interiorizarse. Los pilotos deberían ser conscientes de la necesidad de, fuera de la formación inicial, periódicamente, entrenar este tipo de maniobras, para conocer primero el comportamiento de su aeronave y, segundo, estar preparados para reaccionar adecuadamente.

- La toma de decisiones realizada en este accidente, desde la planificación del vuelo hasta la última gestión de la emergencia muestra una falta de cultura de seguridad sobre la actividad de vuelo. Los errores en vuelo no dan segundas oportunidades.

- Falta de aplicación y adherencia a los procedimientos: los procedimientos y listas de chequeo son herramientas muy útiles que previenen del error humano. Por muy memorizado que se tenga un procedimiento, es necesario realizarlo y/o revisarlo con una lista de chequeo. Permiten detectar errores y, son especialmente útiles en situaciones donde suceden anomalías o cambios de rutina que hacen que el procedimiento normal o estándar no se ejecute (como por ejemplo, que el motor no se pare).

En relación con todos estos aspectos, se ha emitido una recomendación dirigida a AESA, con la intención de que realice campañas de divulgación, utilizando los medios más adecuados para ello, en los campos de vuelo de aeronaves ultraligeros y/o en colaboración con las escuelas de formación, para que los pilotos de aeronaves ultraligeras tomen conciencia de que estos factores están presentes en la mayoría de los accidentes de aeronaves ULM y que todos ellos son evitables.

2.7. Peso máximo y certificación de las aeronaves TECNAM P2002 SIERRA

Las condiciones de operación de la aeronave EC-FP6 mostraron que, sistemáticamente, los propietarios operaban con sobrepeso. Si bien es cierto que el último responsable de mantener la aeronave dentro de los límites de peso y centrado es el piloto al mando, la aeronave EC-FP6 tenía, por su peso en vacío (289 kg) y por el peso máximo legal con el que estaba certificado (450 kg), muy poco margen para el peso útil (peso para el combustible, piloto, pasajero y equipaje). La conclusión era que con

la aeronave completamente repostada, sólo quedaban 60 kg disponibles, lo que supone que:

- En primer lugar, a pesar de que existan dos asientos, es engañoso para los usuarios, ya que con los depósitos llenos, la operación de esta aeronave sólo estaría permitida con una sola persona y,
- En segundo lugar, deja un peso de 60 kg y sin equipaje, lo que supone un peso muy por debajo al peso medio de una persona (86 kg), para el único pasajero que podría operar.

Estos datos eran desconocidos por los propietarios y, en su intención de evitar paradas de motor por falta de combustible, intentaban volar siempre con los depósitos hasta su máxima capacidad, desconociendo las limitaciones en peso de la aeronave.

Esta situación que se produjo para la aeronave EC-FP6, no es exclusiva de esta matrícula, sino que, como se indicaba en los cálculos recogidos en el apartado 1.16.9, es extensible a todas las aeronaves TECNAM P2002 SIERRA matriculadas en España a fecha del 1 de marzo de 2017.

El elevado peso en vacío de estas aeronaves, con respecto al peso máximo, proporcionan datos como los siguientes. De las 51 aeronaves TECNAM P2002 SIERRA matriculadas en España, a fecha de 1 de marzo de 2017, con los depósitos llenos de combustible:

- Ninguna de las 51 aeronaves permitirían la operación con dos personas adultas a bordo con un peso estándar de cálculo de 86 kg.
- Sólo 6 de las aeronaves, tienen valores remanentes para piloto, pasajero y equipaje de 93 kg. Es decir, permitirían la operación con una persona a bordo, que sería un piloto, que entraría dentro de los pesos estándares de cálculo de 86 kg y tendría remanente para llevar equipaje. Pero seguiría sin poder volar con dos personas a bordo.
- Para el resto de las 45 aeronaves, los valores disponibles para peso del piloto, pasajero y equipaje están muy por debajo de los 86 kg. El valor más extremo es el de 13 kg, para una aeronave cuyo peso en vacío es de 361 kg.

Esta información, aunque debería ser conocida por los usuarios, es objeto de una recomendación de seguridad a AESA. La recomendación pretende difundir las limitaciones en peso de pasajeros y equipaje cuando las aeronaves están repostadas hasta su máxima capacidad, y que en función del peso en vacío de la aeronave, existen aeronaves que no se pueden operar con los depósitos completamente llenos ni con dos pasajeros.

Revisión de criterios de certificación de peso máximo

Las conclusiones obtenidas sobre el peso útil, ponen en cuestión que el valor de 450 kg sea realmente válido como peso máximo de certificación de esta aeronave. Por esto motivo se han utilizado (ver apartado 1.16.9), aunque no sean de aplicación a este tipo de aeronaves, los procedimientos de cálculo del peso máximo que se utilizan en las normativas CS-VLA y CS-23[39].

Las conclusiones de estos cálculos indican que las únicas aeronaves TECNAM P2002 SIERRA, de todas las matriculadas en España, que cumplirían con un peso máximo inferior a 450 kg, serían aquellas cuyo peso en vacío era de 281 kg que, casualmente, era el que se establecía en el Certificado de aeronavegabilidad de tipo nº 281-I de la Dirección general de Aviación Civil Española. Es decir, cuando se emitió este certificado de tipo, los cálculos realizados, con un peso en vacío de 281 kg cumplían los cálculos que las normativas utilizan para calcular el peso máximo. El problema es que posteriormente, las aeronaves que se matriculan, a pesar de utilizar el mismo certificado de tipo, tienen pesos en vacío tan elevados, que hacen inviable certificarlos con un peso máximo de 450 kg.

Con esta realidad de fondo, se ha emitido una recomendación de seguridad a AESA, orientada a revisar los criterios de certificación de las aeronaves TECNAM P2002 SIERRA dentro del grupo de las aeronaves ultraligeras con peso máximo de 450 kg, ya que no parece muy lógico que estén englobada en este tipo de aeronaves sino en aeronaves de una categoría superior, como las VLA.

Revisión del certificado de tipo de las aeronaves Tecnam P2002 SIERRA de Luxe

La situación que existe, respecto al modelo Tecnam P2002 SIERRA de Luxe, actualmente en España es la siguiente:

- Se está certificando la TECNAM P2002 SIERRA DE LUXE utilizando el certificado de aeronavegabilidad de tipo de la Tecnam P2002 SIERRA, cuando son dos aeronaves diferentes.
- En el certificado de tipo nº 281-I, con el que se certifican las de luxe, no existe un apartado específico para la variante P2002 SIERRA de luxe.
- Los manuales de vuelo de la TECNAM P2002 SIERRA y de la P2002 SIERRA de luxe son diferentes y tienen diferencias esenciales que afectan al centrado de la aeronave o al peso en vacío.
- El registro de matrícula en España identifica a todas las aeronaves, DE LUXE o no, como TECNAM P2002 SIERRA. No existe diferencia.

[39] Estas normativas, aunque no es de aplicación, utilizan criterios y procedimientos de cálculo muy similares.

Es decir, se ha omitido la existencia del modelo TECNAM P2002 SIERRA DE LUXE en España. Para subsanar esta situación se ha emitido una recomendación de seguridad dirigida a AESA, para que emita una certificación de aeronavegabilidad de tipo, bien nueva o bien dentro de la ya existente de la TECNAM P2002 SIERRA como un modelo, y regularice la situación de estas aeronaves.

3. CONCLUSIONES

3.1. Constataciones

General:

- La aeronave estaba en posesión de los certificados necesarios para realizar el vuelo.
- La aeronave contaba con 965 h en el momento del accidente.
- El piloto estaba en posesión de las licencias necesarias para realizar el vuelo.
- El piloto tenía experiencia limitada y esporádica en aeronaves ultraligeras. El último año había volado 12 h. Toda la experiencia la había acumulado con esta aeronave, como copropietario de la misma.
- El piloto conocía el trayecto que había realizado ese día. Lo había hecho en varias ocasiones antes y, la última vez, hacía 15 días.

Sobre los vuelos previos al accidente:

- La aeronave había despegado de Casarrubios del Monte con dos personas a bordo y combustible suficiente para realizar el vuelo.
- El vuelo se realizó con un peso que superaba el máximo peso permitido de despegue y aterrizaje.
- La aeronave llegó al aeródromo de Villaverde y aterrizó por la pista 09, con viento cruzado y ligeramente en cola (viento de orientación 321º).
- La aeronave, a los pocos minutos de la llegada, despegó por la pista 27, en sentido contrario al que había aterrizado. El viento tenía orientación 321º, con una componente de viento cruzado cercano a los límites de certificación. El despegue se realizó con sobrepeso, en una pista de pendiente positiva, y probablemente, sin flaps.
- La aeronave alcanzó una altura estimada de 20 m sobre la pista. Realizó tres alabeos seguidos y se precipitó contra el terreno, en una actitud muy pronunciada de picado que los testigos describieron como de completamente vertical.
- Los pronósticos meteorológicos indicaban vientos con una componente de viento cruzado que igualaban los máximos de certificación de la aeronave y turbulencia en la zona donde se iba a realizar el vuelo.

Sobre el impacto:

- El impacto se produjo a las 14:30 h. Fue muy vertical y sin velocidad de traslación.

- El impacto inicial se produjo con una actitud de picado y alabeo derecho muy pronunciado. El siguiente contacto con el terreno se produjo con el plano izquierdo y parte delantera de la aeronave y, por último, la aeronave retrocedió hasta quedarse en posición normal sobre el fuselaje inferior. El patrón de fuego dejado sobre la aeronave confirma la orientación del viento nor-noroeste en el momento del accidente.
- La aeronave quedó detenida a 289 m del final de la pista, a la izquierda de la misma.
- El motor no desarrollaba potencia en el momento del impacto.
- Se descartaron problemas funcionales internos en el motor que explicasen la falta de potencia en el impacto.
- Se confirmó que había combustible en la aeronave en el momento del impacto y que la llave de combustible del depósito derecho estaba abierta. Los flaps estaban retraídos.
- No se ha podido confirmar si el combustible disponible en la aeronave estaba en el depósito seleccionado por el piloto.

Sobre el posible problema descrito por el piloto:

- El problema descrito verbalmente por el piloto fue relacionado con la incapacidad para detener el motor.
- La descripción de eventos y tiempos de funcionamiento descritos por los testigos ha permitido descartar la autoignición, el despegue con las válvulas de combustible cerradas y un problema con el sistema de encendido.

3.2. Causas/Factores contribuyentes

La causa probable del accidente de la aeronave EC-FP6 fue una pérdida de control tras una entrada en pérdida durante el despegue realizado en condiciones de sobrepeso, viento intenso, con una componente de viento cruzado cercana a los límites de certificación, probablemente con los flaps retraídos y en una pista de pendiente positiva.

La investigación no ha podido confirmar si el motor tuvo algún fallo en vuelo. Se ha podido confirmar que en el despegue y ascenso inicial funcionaba, pero que en el impacto no desarrollaba potencia.

4. RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD OPERACIONAL

Aunque no se ha considerado de influencia en el accidente, la investigación ha detectado una práctica de mantenimiento irregular realizada al embrague de fricción que llevaba instalada la aeronave EC-FT6. Aunque no se ha podido confirmar qué centro de mantenimiento realizó dicha actuación sobre el embrague, al menos, sí se ha podido confirmar que el último centro que inspeccionó este componente tras una "toma dura" no lo detectó. Por ello se emite la siguiente recomendación de seguridad:

REC 48/17. Se recomienda al centro de mantenimiento Álamo Aviación que proporcione un curso de refresco a todos sus técnicos de mantenimiento sobre los procedimientos de inspección y reparación de motores de todas las series ROTAX que Álamo Aviación repara.

La CIAIAC ha detectado, no sólo en esta investigación, sino en otras de accidentes de aeronaves ultraligeras, la recurrencia de determinados aspectos relacionados con una falta de cultura y formación en seguridad básica relacionada con la operación de este tipo de aeronaves. La recomendación que se emite está orientada a realizar campañas de concienciación y divulgación, por parte de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea, en su labor de prevención de la seguridad aérea, en los campos y escuelas, mediante los medios que se considerasen más apropiados, sobre los aspectos detectados.

REC 49/17. Se recomienda a la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA) que realice campañas de divulgación y concienciación, en los campos y escuelas de vuelo de aeronaves ultraligeras, sobre los siguientes aspectos que, de forma recurrente, se detectan en los accidentes:

- Importancia de conocer las limitaciones de peso de la aeronave que vuela cada usuario: el hecho de que las aeronaves lleven dos asientos, no significa que sea posible ir dos personas con los depósitos llenos y la máxima carga en equipaje. Es necesario conocer el peso máximo certificado de la aeronave y calcular, antes de cada vuelo, el peso y centrado de las aeronaves.
- Es necesario utilizar los manuales de vuelo actualizados de las aeronaves y realizar las listas de chequeo utilizando estos manuales.
- Es imprescindible preparar y planificar el vuelo que se va a realizar. Dentro de estos aspectos, es importante la meteorología: es necesario estudiar la meteorología en ruta y los pronósticos que existen para la zona donde se va a volar. Mirar el METAR del aeródromo de origen, en el momento del despegue, no es suficiente.
- Es necesario entrenar emergencias básicas periódicamente (entrada en pérdida, fallo de motor, etc.) y conocer y reconocer el comportamiento de la aeronave

con la que se vuela para estar preparados en el caso de que tener que enfrentarse a una emergencia.

- La toma de decisiones, desde la planificación del vuelo hasta la gestión de las emergencias en vuelo, es de vital importancia. Cambiar de planes, aunque produzca inconvenientes, puede significar la diferencia entre la vida y la muerte.
- Los procedimientos y listas de chequeo son las herramientas más útiles para detectar errores humanos. Se deben utilizar en todas las fases de vuelo y, sobre todo, cuando ocurren situaciones imprevistas.

Las restricciones que supone el elevado peso en vacío de las aeronaves TECNAM P2002 SIERRA sobre el peso útil (peso disponible para combustible, piloto, pasajero y equipaje), han puesto de manifiesto que la operación de estas aeronaves tiene limitaciones y que estas limitaciones deben ser difundidas entre la comunidad de usuarios de estas aeronaves.

REC 50/17. Se recomienda a la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA) que difunda a los usuarios de aeronaves TECNAM P2002 SIERRA que estas aeronaves, cuando están repostadas hasta su máxima capacidad, no pueden operar con dos personas a bordo.

Además, se ha detectado que los cálculos de peso máximo de 450 kg podrían estarse incumpliendo por la diferencia que existe entre el peso en vacío de las aeronaves que se matriculan con respecto al peso de 281 kg que se establecía el certificado de tipo nº 281-I con el que inicialmente se certificaban estas aeronaves. Por este motivo:

REC 51/17. Se recomienda a la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA) que revise los criterios de certificación de las aeronaves TECNAM P2002 SIERRA y considere si deben permanecer dentro del grupo de las aeronaves ultraligeras con peso máximo de 450 kg.

En relación con la información incluida en el Manual de Vuelo de la TECNAM P2002 SIERRA DE LUXE, y en concreto, con el cálculo del peso y centrado, se ha detectado la falta de información para el cálculo del centrado y, por otro lado, la incongruencia en el margen del centro de gravedad respecto a la información contenida en el certificado de tipo número 281-I de la DGAC. Con objeto de subsanar y completar esta información, para que los usuarios puedan realizar los cálculos de peso y centrado de sus aeronaves, se emite la siguiente recomendación:

REC 52/17. Se recomienda al fabricante TECNAM que revise y complete el Manual de Vuelo de la aeronave TECNAM P2002 SIERRA DE LUXE en las siguientes secciones:

- sección 2: corrija los límites del centro de gravedad a 26,0% y 32.5%.
- sección 6: incluya la información necesaria para poder realizar un cálculo del centrado de las aeronaves por parte de los usuarios, ya que según está el manual actualmente, no es posible.

Durante la investigación de este accidente se ha detectado que, en España, se había omitido la existencia del modelo de aeronaves TECNAM P2002 SIERRA DE LUXE y que se estaban certificando en base al certificado de aeronavegabilidad de tipo de la TECNAM P2002 SIERRA, con la que tiene diferencias importantes. Para subsanar esta situación:

REC 53/17. Se recomienda a la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA) que emita un certificado de aeronavegabilidad de tipo para las aeronaves TECNAM P2002 SIERRA DE LUXE que sea acorde a sus particularidades de diseño, actuación y operación.

En este y otros accidentes investigados por la CIAIAC se han detectado problemas de seguridad graves producidos por la explosión de los dispositivos de activación de los paracaídas balísticos que los ULM tienen posibilidad de llevar instalados. La explosión de estos dispositivos se produce, en experiencia de la CIAIAC, con mucha facilidad en caso de accidente, y pone en peligro la integridad física de las personas que están a bordo y de las que acceden a las aeronaves como primeros intervinientes. Esta situación ya fue detectada en el informe de la CIAIAC ULM A-016/2016 y generó la emisión de un total de 9 recomendaciones de seguridad (REC 34/17, REC 35/17, REC 36/17, REC 37/17, REC 38/17, REC 39/17, REC 40/17, REC 41/17 y REC 42/17) que cubrían, en su totalidad, la problemática de la señalización, información, formación y divulgación de los paracaídas balísticos a todos los sectores involucrados, directamente o indirectamente, en la actividad de vuelo. Debido a que estas 9 recomendaciones ya han sido emitidas, este informe se limita a hacer hincapié sobre la necesidad de implementación de las medidas definidas en dichas recomendaciones de seguridad.