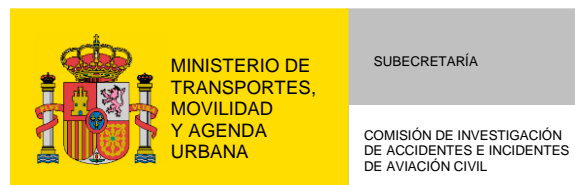


Informe técnico

ULM A-002/2021

Accidente ocurrido el día 26 de noviembre de 2020, a la aeronave VM1 Squal, matrícula EC-ZFF, en el aeródromo de Totana (Murcia)

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



ADVERTENCIA

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

De conformidad con lo señalado en el art. 5.4.1 del Anexo 13 al Convenio de Aviación Civil Internacional; y según lo dispuesto en los arts. 5.5 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

ADVERTENCIA.....	0
ABREVIATURAS	2
SINOPSIS.....	1
1. INFORMACIÓN FACTUAL	2
1.1. Antecedentes del vuelo	2
1.2. Lesiones personales	3
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
1.7. Información meteorológica	6
1.8. Ayudas a la navegación	6
1.9. Comunicaciones	6
1.10. Información de aeródromo.....	6
1.11. Registradores de vuelo	6
1.12. Información sobre los restos de la aeronave y el impacto	6
1.13. Información médica y patológica	7
1.14. Incendio	7
1.15. Aspectos relativos a la supervivencia	7
1.16. Ensayos e investigaciones	7
1.17. Información sobre organización y gestión	14
1.18. Información adicional.....	14
1.19. Técnicas de investigación útiles o eficaces	15
2. ANÁLISIS	16
2.1. Limitaciones de la investigación	16
2.2. Condiciones de la operación	16
2.3. Pérdida de potencia del motor.....	17
2.4. Causas del mal funcionamiento del sistema de combustible.....	17
2.5. Holgura en la línea de retorno y mantenimiento de la aeronave	19
3. CONCLUSIONES	21
3.1. Constataciones	21
3.2. Causas/Factores contribuyentes.....	21
4. RECOMENDACIONES SOBRE SEGURIDAD OPERACIONAL	22

ABREVIATURAS

ft.....	Pie(s)
h.....	Hora(s)
km	Kilómetro(s)
m.....	Metro(s)
min	Minuto(s)
s/n	Número de serie
VFR.....	Reglas de vuelo visual

SINOPSIS

Propietario y operador:	Privado
Aeronave:	VM-1 Squal, matrícula EC-ZFF
Fecha y hora del incidente:	Jueves, 26 de noviembre de 2020, 13:30 hora local ¹
Lugar del incidente:	Aeródromo de Totana (Murcia)
Personas a bordo:	Tripulación: 1, ileso
Tipo de vuelo:	Aviación general – privado
Reglas de vuelo:	VFR
Fase de vuelo:	Despegue
Fecha de aprobación:	28 de abril de 2021

Resumen del accidente:

El jueves 26 de noviembre de 2021, la aeronave de construcción por aficionados VM-1 Squal EC-ZFF sufrió un fallo de motor durante la fase de ascenso inicial tras el despegue por la pista 03 del aeródromo de Totana (Murcia). Eran las 13:30 hora local y la operación se estaba realizando con el propietario como piloto y única persona a bordo de la aeronave. Como consecuencia, el piloto realizó un aterrizaje de emergencia en un terreno de cultivo a 350 m de la cabecera de la pista 03, en sentido contrario al de despegue. El aterrizaje fue controlado. El piloto resultó ileso y la aeronave tuvo daños localizados en el fuselaje inferior delantero, motor, hélice y tren de morro.

El suceso fue notificado a la CIAIAC por el piloto de la aeronave que indicó desconocer la obligatoriedad de notificar el accidente, el 12 de febrero de 2021, dos meses y medio después de ocurrir. Cuando se realizó esta notificación la aeronave había sido desmontada y trasladada a un centro de mantenimiento, en el que ya se había desmontado el motor para su reparación.

La investigación ha concluido que la causa del accidente fue la realización de un aterrizaje de emergencia fuera de campo, motivado por la parada del motor debido a la falta de suministro de combustible al mismo, cuyo origen no ha podido ser determinado con seguridad.

El informe contiene dos recomendaciones de seguridad: una dirigida al propietario y otra a la Asociación de Aviación Experimental.

¹ La referencia horaria utilizada en este informe es la hora a local obtenida de las declaraciones del piloto.

1. INFORMACIÓN FACTUAL

1.1. Antecedentes del vuelo

El jueves 26 de noviembre de 2020, la aeronave VM-1 Squal, matrícula EC-ZFF, con el piloto como única persona a bordo, despegaba a las 13:30 hora local desde la pista 03 del aeródromo de Totana (Murcia) para realizar un vuelo de carácter privado.

Según la declaración del piloto, el motor se arrancó y durante más de 15 minutos se tuvo en marcha en tierra funcionando correctamente. Con los depósitos a la mitad de su capacidad, tras realizar todas las comprobaciones previas necesarias, el piloto inició el vuelo. En el ascenso inicial, todavía sobre la pista, a unos 150-200 ft sobre la pista, se produjo una pérdida de potencia repentina del motor.

El piloto describió que intentó aterrizar en la pista en sentido contrario al de despegue, realizando el trayecto que se muestra en la figura 1. Sin embargo, consideró que no iba a tener pista suficiente y decidió buscar un campo en las inmediaciones. La toma se realizó en un terreno de cultivo en la prolongación de la pista, aproximadamente a 350 m de la cabecera 03.

La aeronave hizo contacto con el terreno y rodó hasta que el tren de morro colapsó. La aeronave se detuvo y quedó apoyada sobre el fuselaje delantero inferior y el tren principal. El piloto abandonó la aeronave por sus propios medios sin sufrir ninguna lesión.

El suceso fue notificado a la CIAIAC el 12 de febrero de 2021, dos meses y medio después de ocurrir, por el propietario de la aeronave que indicó desconocer la obligatoriedad de notificar el accidente.



Figura 1. Trayectoria según la descripción realizada por el piloto



Figura 2. Aeronave tras el evento

1.2. Lesiones personales

Lesiones	Tripulación	Pasajeros	Total en la aeronave	Otros
Muertos				
Lesionados graves				
Lesionados leves				
Ilesos	1		1	
TOTAL	1		1	

1.3. Daños a la aeronave

La aeronave resultó con daños en el tren de morro, motor, hélice y carenado inferior del motor.

1.4. Otros daños

Ninguno.

1.5. Información sobre el personal

1.5.1 Información sobre el piloto

El piloto, de nacionalidad española y 56 años de edad, contaba con una licencia de piloto de ultraligero desde hacía 5 años, obtenida en la Escuela de vuelo Aeroclub Al Aire, ubicada en el aeródromo de Totana (Murcia). Contaba con una habilitación en multieje de ala fija válida y en vigor en el momento del accidente. Era también el propietario de la aeronave.

Su experiencia total era de 207 h, de las cuales 85 h en la aeronave EC-ZZF. En el último año había volado 29 h todas realizadas en la aeronave del accidente. El mes anterior había volado 6 horas y la semana previa al evento no había volado ningún día.

1.6. Información sobre la aeronave

1.6.1 Información general

La aeronave, VM-1 Squal, con s/n 00100/1489, era un ultraligero de construcción por aficionados, construido y matriculado en España en el año 2001. El propietario actual lo había adquirido en noviembre de 2018, como constaba en el registro de matrícula de aeronaves. Contaba con un certificado de aeronavegabilidad especial restringido válido y en vigor emitido el 13 de octubre de 2020. Tenía su base establecida en el aeródromo de Totana (Murcia).

La aeronave estaba equipada con un motor Rotax 912ULS, s/n 4426841. En el momento del evento, aeronave y motor acumulaban 755 h. El último vuelo previo al accidente había sido el 15/11/2020, 11 días antes. Según el piloto, la aeronave tenía los depósitos a la mitad de su capacidad aproximadamente. Siempre utilizaban gasolina 95 sin plomo.

1.6.2 Historial de mantenimiento descrito por el piloto

A continuación, se relacionan las anotaciones existentes en el libro de aeronave y de motor y descritas por el propietario durante las entrevistas. Algunas de estas actuaciones fueron realizadas por el piloto y otras, según indicó, por European LSA². No todas las acciones estaban asociadas a una fecha concreta, sino que estaban apuntadas en bloque, en periodos que cubrían hasta dos meses:

- Mayo 2019 (630 h):
 - 1ª instalación de una línea de retorno de combustible al gascolator, realizada por European LSA.

Según el propietario, debido a que la instalación no se había realizado al tanque sino a la entrada del gascolator, y a que la línea de retorno estaba pegada al depósito de aceite sin protección térmica, decidieron modificar la instalación. Esta modificación se realizaría un año después, en junio 2020, después de que la aeronave volase 87 h.
 - Cambio de cubiertas del tren de aterrizaje, reemplazo de cables del mando de gases.
- Julio 2019 (670 h):
 - Revisión de carburadores, compensación de carburación y revisión de 100 h del motor.
 - Revisión de 600 h de la reductora por European LSA.
- Enero 2020 (705 h):
 - Sustitución de bombines de frenos y cambio de líquido de frenos por el propietario.
- Marzo-Junio 2020 (717 h):
 - 2ª instalación del retorno de combustible: aprovechando el desmontaje de planos, el propietario cambió las líneas de combustible desde los depósitos hasta el mamparo cortafuegos. Las conexiones desde el mamparo al motor fueron realizadas por el centro European LSA que, además, modificó la instalación del retorno de combustible para llevarla hasta el tanque derecho. Esta instalación dio problemas de rebosamiento de combustible por los respiraderos de los tanques, por lo que se decidió cambiar otra vez la instalación en septiembre-octubre 2020 llevando la línea de retorno de combustible a la entrada del gascolator.

² European LSA es un taller de mantenimiento de ultraligeros, ubicado en el propio aeródromo de Totana (Murcia).

- El propietario también cambió la bomba eléctrica de combustible, instaló una válvula antirretorno en paralelo a la bomba y cambió el filtro y la junta del gascolator.
- Desmontaje de planos, revisión de la fibra de carbono, revisión de la estructura metálica interna, realizada por el propietario. Pintura de los planos en un taller de automoción. Sustitución de antena del trasponder y del cable de antena.
- Septiembre-octubre 2020 (736 h):
 - 3ª modificación de la línea de retorno de combustible, que se volvió a unir a la línea de combustible del circuito del motor en la entrada del gascolator, con otro trazado y con protección térmica, también por European LSA.
 - Revisión de 300 h de la hélice, revisión de 100 h del motor reparación de la bancada del motor, sustitución de los silent block del motor, y sustitución de tubos de agua y aceite.
 - Tres actuaciones de mantenimiento sobre los carburadores, realizada por European LSA.

Según el propietario, el 18 de julio de 2020 aparecieron vibraciones de la aeronave, además de “petardeos y fallos del motor”. Estos problemas no desaparecieron tras las actuaciones de mantenimiento de septiembre-octubre 2020. De hecho, el propietario describió que el 15/11/2020 la aeronave tuvo que regresar al campo tras 40 min de vuelo por petardeos y vibraciones en el motor. El siguiente vuelo fue el del accidente, el 26/11/2020.

1.6.3 Historial de mantenimiento confirmado documentalmente

De todo el mantenimiento anterior, sólo se han podido obtener las siguientes facturas proporcionadas por el propietario de los siguientes trabajos y materiales:

- Factura de los trabajos realizados en mayo 2019. La factura de este trabajo indicaba los siguiente: “*instalación sistema de retorno y regulación presión combustible. Materiales empleados: 5 conectores, 1 dado de conexiones y 1 metro de tubería de 6 mm*”.
- Factura de mayo 2020, correspondiente a la compra de tubería de combustible de 6 mm.
- Factura de junio 2020, correspondiente a la compra de la bomba eléctrica de combustible, un racor para la bomba, y las piezas sustituidas del gascolator.
- Factura de septiembre 2020, de la compra de un kit de reparación de carburadores BING que, según el propietario, proporcionó al taller European LSA.
- Factura de octubre 2020, correspondiente a la revisión de 300 h de la hélice.

1.6.4 Historial de mantenimiento descrito por European LSA

Se solicitó al centro de mantenimiento European LSA información sobre los trabajos realizados a la aeronave EC-ZFF. Proporcionaron información verbal pero no documental, de las siguientes actuaciones que no coincidían con todas las indicadas por el propietario: confirmaron que habían realizado la primera instalación de la línea de retorno de combustible, y la instalación de un racor en el plano derecho en la segunda modificación, pero ninguna más respecto al sistema de combustible. Indicaron que también habían realizado la reparación de la bancada y la limpieza de los carburadores.

1.7. Información meteorológica

La estación meteorológica ubicada en Murcia registró a las 13:30 del día 26/11/2020 una temperatura de 20°C, temperatura del punto de rocío 10°C, 1009 hPa, viento del este de 10 km/h, una humedad del 55% y sin precipitaciones. La estación de Totana registró para el día 26/11/2020 una temperatura máxima de 20,1°C, temperatura media de 16,1°C, 65% de humedad relativa, 12,5°C de punto de rocío y ninguna precipitación. Los METAR de las 13:30 (12:30 UTC) del aeropuerto de Murcia y de la base de Alcantarilla, ubicados a 30 km al este y noreste, respectivamente, de Totana, indicaban viento de 160° y de 120° respectivamente.

Las fotografías tomadas tras el accidente confirman condiciones no limitativas para el vuelo visual, sin presencia de nubes con visibilidad máxima y sin indicios de viento significativo.

1.8. Ayudas a la navegación

No aplicable.

1.9. Comunicaciones

No se produjeron comunicaciones durante el vuelo.

1.10. Información de aeródromo

El aeródromo de Totana LETX (Murcia) cuenta con una pista de orientación 03/21, con superficie de asfalto y de 560 m de longitud. En ambas cabeceras la pista se extiende con tierra compacta hasta completar una longitud total de 750 m aproximadamente. La elevación es de 640 ft. Los procedimientos del aeródromo indican que el circuito de tráfico se debe realizar en el lado sur de la pista. Entre los servicios del aeródromo que se publicita en la página web del aeródromo se menciona un taller de mantenimiento de ULM.

El punto de toma se encontraba a 350 m de las señales de la cabecera 03, prácticamente en la prolongación de la pista, a la altura del viraje de base a final del circuito de aeródromo. El terreno era llano, de tierra compacta, rectangular y en el momento del accidente no estaba cultivado.

1.11. Registradores de vuelo

Ni la aeronave ni el piloto disponían de dispositivos de grabación del vuelo. Este equipamiento no es requerido por las regulaciones aeronáuticas para este tipo de operaciones.

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

La aeronave se encontró apoyada sobre el tren principal y el fuselaje inferior delantero tras colapsar el tren de morro. Las marcas en el terreno permitían identificar marcas de rodaje de las dos patas del tren principal y una marca de arrastre, que había conseguido remover la tierra, correspondiente al tren de morro, que se extendía menos de 10 m.

Los daños de la aeronave se localizaban en la zona delantera de la aeronave. La hélice presentaba roturas en dos de las tres palas, con unas roturas prácticamente simétricas. El fuselaje inferior presentaba aplastamiento, marcas de arrastre y presencia de tierra en el interior de la toma de aire. El tren de morro se encontraba completamente deformado y desplazado hacia atrás.



Figura 3. Marcas durante el impacto

1.13. Información médica y patológica

El piloto resultó ileso en el accidente no requiriendo ningún tipo de asistencia médica.

1.14. Incendio

No se produjo ningún incendio durante el evento.

1.15. Aspectos relativos a la supervivencia

Los cinturones, asientos y habitáculo de cabina no sufrieron ninguna deformación o rotura durante el evento, cumpliendo con su misión. Los servicios de emergencia no fueron activados ya que no hubo daños personales, pudiendo abandonar el piloto la aeronave por sus propios medios.

1.16. Ensayos e investigaciones

El accidente fue notificado el día 12 de febrero de 2021 a la CIAIAC, dos meses y medio después de ocurrir, por parte del propietario, mediante un correo electrónico. En ese momento la aeronave había sido desmontada y trasladada a Barcelona, donde se le había desinstalado el motor y estaba en proceso de reparación para su puesta en marcha.

1.16.1 Declaración del piloto

Respecto al evento, el piloto describió los detalles que se han incluido en el apartado 1.11. Cuando se le preguntó sobre el motor y su comportamiento durante el evento indicó que, inicialmente, pensó que se le había parado. También indicó que llevaba la bomba eléctrica coenctada. Se centró en volar el avión y encontrar una zona para aterrizar. No aseguró el motor. En un momento dado, metió potencia y vio que el motor reaccionó por un instante, y luego se

paró por completo. Cuando llegó al suelo, la hélice estaba parada. Posteriormente, abrieron el motor, desmontaron los carburadores y comprobaron que ninguno de los dos tenía combustible.

1.16.2 Documentación gráfica proporcionada por el piloto

El piloto proporcionó documentación gráfica consistente en videos y fotografías. Las fechas de creación de los archivos no coinciden con las fechas de realización de las actuaciones de mantenimiento descritas en el apartado 1.6.2. De interés para la investigación se indica la siguiente información extraída de ellos:

- Video con la 1ª instalación del retorno de combustible. Fecha de creación del archivo 06/05/2020. En este video el propietario grabó el trazado de la línea de retorno de combustible desde el distribuidor hasta su unión antes del gascolator y pasando por detrás del depósito de aceite sin protección térmica. La línea era de 6 mm. Esta instalación se realizó en mayo 2019, según anotación del libro de aeronave.
- Video con la 2ª instalación del retorno de combustible. Fecha de creación del archivo 16/05/2020. En este video, el propietario grabó el trazado de la línea de retorno de combustible desde el distribuidor hasta su entrada en el mamparo cortafuegos. Esta instalación se realizó en marzo-junio 2020, según anotación del libro de aeronave.
- Video con la 3ª instalación del retorno de combustible. Fecha de creación del archivo 28/08/2020. En este video el propietario grabó el trazado de la línea de retorno de combustible desde el distribuidor hasta su unión antes del gascolator. En el distribuidor se identificaba la presencia de teflón en la unión entre la boquilla y el distribuidor, la línea de retorno tenía un recubrimiento negro brillante antitérmico que no cubría la totalidad de la línea y se había redirigido por delante del depósito de aceite. La bomba eléctrica era diferente a los dos videos anteriores y se identificaba un bypass que no existía en las dos instalaciones anteriores. Esta instalación se realizó en septiembre-octubre 2020, según anotación del libro de aeronave.
- Video tras accidente, donde se graba la apertura del carburador izquierdo sin combustible.

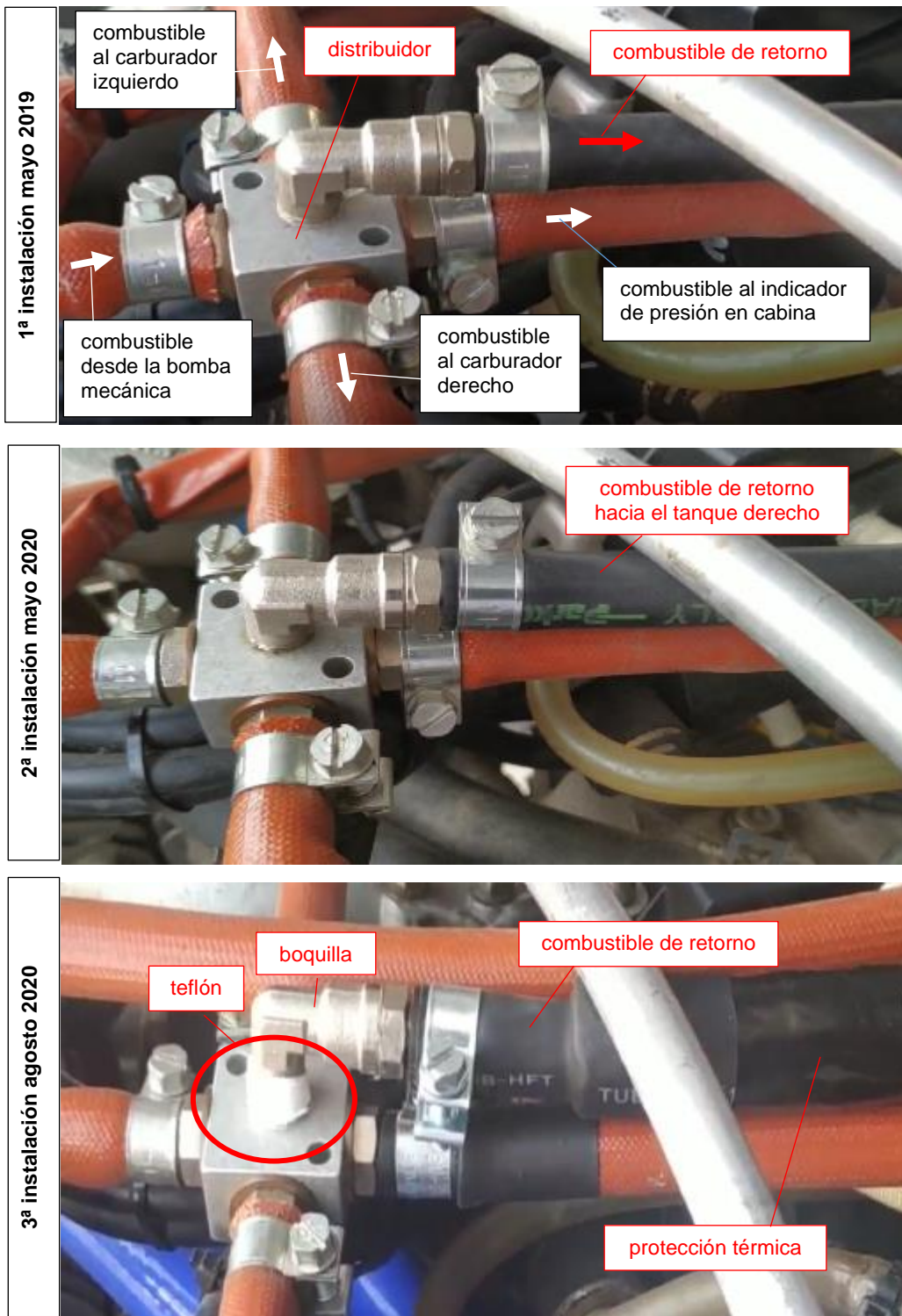


Figura 4. Distribuidor de combustible y línea de retorno

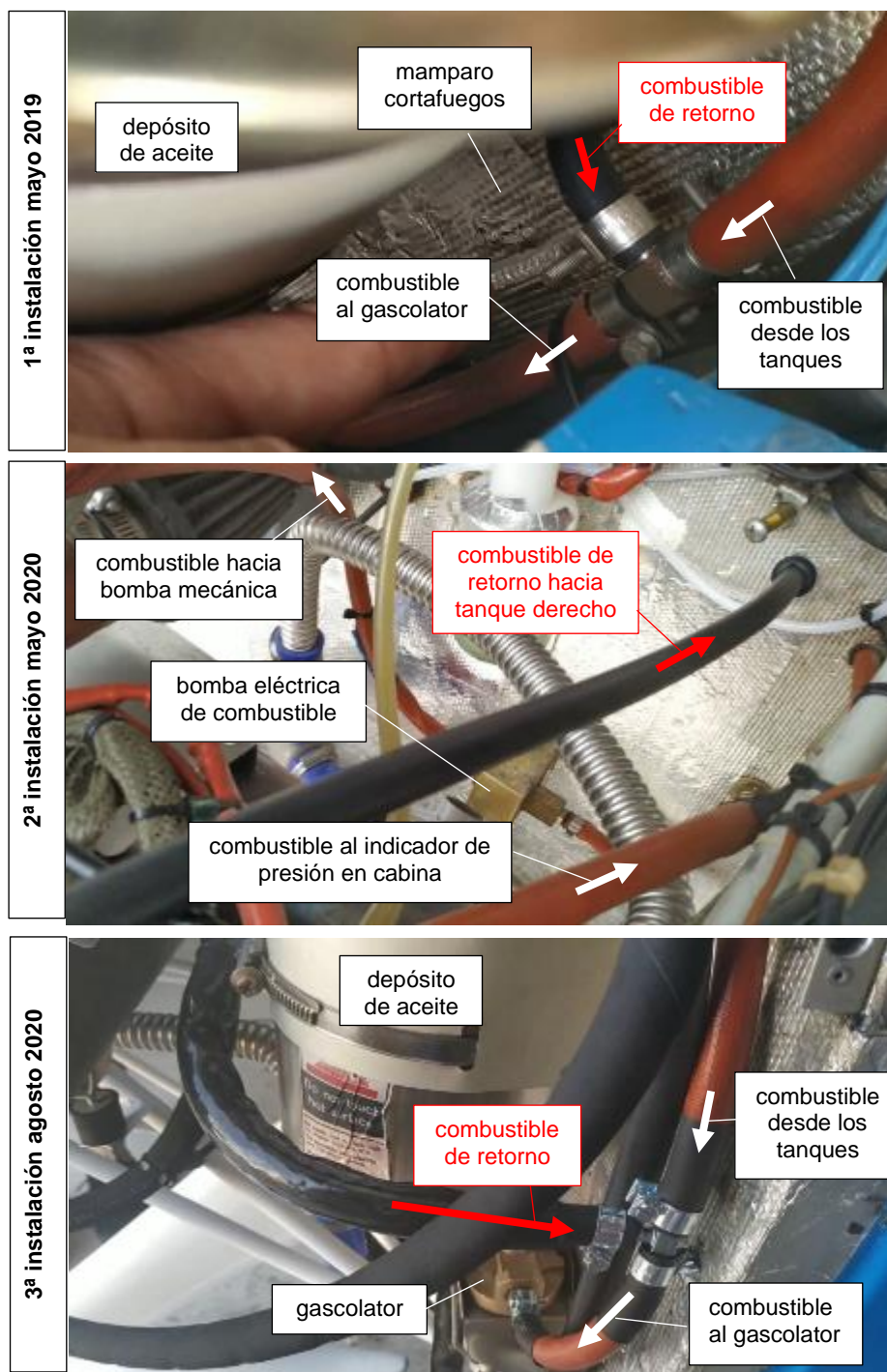


Figura 5. Trazado de la línea de retorno de combustible

1.16.3 Inspección de la aeronave tras el accidente

El mismo día del accidente, el propietario desmontó los carburadores, confirmando que estaban sin combustible y grabando un video que fue proporcionado a la CIAIAC. Los daños que presentaba la aeronave tras el accidente fueron descritos por el centro de Barcelona donde se estaba reparando la aeronave:

- Rotura completa del tren de morro.
- Daños en la bancada del motor.
- Careados del motor deformados y fracturados.
- Roturas en dos de las 3 palas de la hélice.
- Rotura de los radiadores de aceite y agua.
- Tubería de retorno de combustible suelta en su unión con el distribuidor: la conexión se giraba fácilmente.
- Suciedad en el gascolator.
- Ausencia de combustible en ambos carburadores.
- El tren principal y el resto de la célula, desde el mamparo cortafuegos hacia detrás estaban intactos.

Además de la relación de daños, el centro había registrado gráficamente la suciedad del gascolator y la holgura y el movimiento que tenía la unión de la tubería de retorno de combustible con el distribuidor. Esta documentación gráfica fue proporcionada a la CIAIAC.

1.16.4 Inspección del sistema de combustible

Todo el sistema de combustible que se reemplazó tras el accidente había sido guardado por el centro de mantenimiento que estaba reparando la aeronave y fue enviado a la CIAIAC el día 26 de febrero de 2021. El conjunto enviado estaba compuesto por:

- Bomba eléctrica, con las dos tuberías de combustible unidas: la de entrada proveniente del gascolator, y la de salida hacia la bomba mecánica.
- Válvula antirretorno con las dos tuberías unidas. Una de las uniones a la línea principal de combustible estaba rota.
- Bomba mecánica sin ninguna tubería enganchada, que se probó en banco.
- Distribuidor de combustible con tres tuberías unidas: las de conexión a los dos carburadores y la proveniente de la bomba mecánica. El distribuidor tenía instaladas, además, las boquillas de conexión del indicador de presión y de la línea de retorno, pero sin las tuberías conectadas.
- Línea de retorno de combustible suelta, sin la abrazadera de unión al racor.
- Línea de combustible suelta, de llegada de combustible al motor desde los tanques.
- El gascolator y los carburadores se instalaron de nuevo en la aeronave por lo que no fueron enviados a la CIAIAC.

Se pudo comprobar que la instalación de la válvula antirretorno se había realizado en el sentido correcto para permitir el flujo de combustible en caso de obstrucción de la bomba eléctrica. La bomba mecánica, con p/n 996593, que llevaba instalada la aeronave estaba descatalogada, ya que debería haber sido sustituida en el año 2006. Desde este estándar de modificación de la bomba, la bomba había sufrido un total de 6 mejoras definidas por el fabricante. Teniendo en cuenta además que las bombas deben sustituirse cada 5 años, la bomba instalada en la aeronave debería haber sido sustituida. No obstante, se comprobó su funcionamiento, con resultado satisfactorio: la bomba mantenía la presión en 0.3 bar tanto a bajos regímenes de funcionamiento como a altos.

Todas las líneas de combustible enviadas tenían protección térmica. En el caso de la línea de retorno ésta no cubría por completo la línea, sino que en la unión con la boquilla existía una zona sin cubrir. Las líneas se probaron para descartar obstrucciones, con resultado satisfactorio. Todas las líneas tenían un diámetro de 6 mm, incluidas las de retorno de combustible y las de llegada a la bomba mecánica. El distribuidor y los racores de unión al mismo también se probaron, confirmando que permitían el paso de combustible sin presentar obstrucciones o restricciones.

La inspección y desmontaje del distribuidor, confirmó la presencia de teflón oscurecido en dos zonas de la boquilla del retorno de combustible con el distribuidor. De las 5 conexiones que presentaba el distribuidor, todas estaban correctamente ajustados y no presentaban holguras, a excepción de la boquilla del retorno. Al igual que se había podido comprobar en el video enviado por el centro de mantenimiento, se confirmó que esta unión no ajustaba correctamente y se podía girar y mover con mucha facilidad sin necesidad de hacer ninguna fuerza. La boquilla era roscada y cuando se procedió a desmontarla se encontró que los hilos de rosca del distribuidor estaban aplastados y erosionados. El montaje de la boquilla en el distribuidor había sido trasroscado.

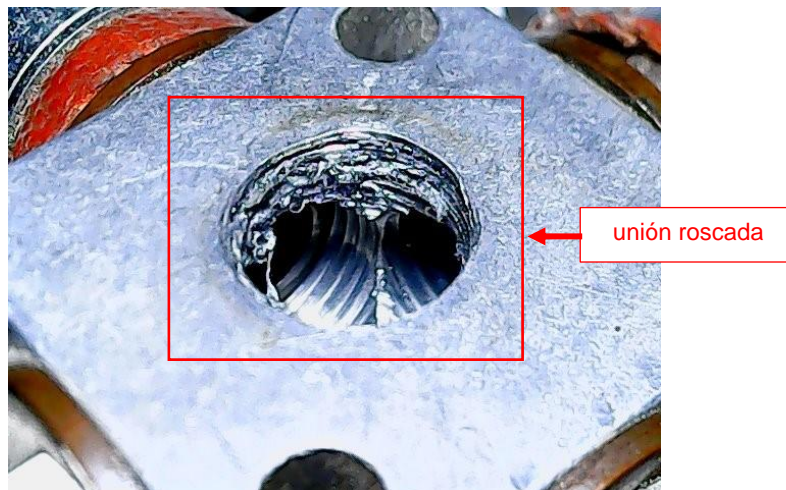


Figura 6. Distribuidor: estado de la conexión roscada de la línea de retorno

Por último, respecto a la boquilla del retorno de combustible, se procedió a su desmontaje para extraer el restrictor, confirmandose que era un componente comercializado por el fabricante del motor y cuyo calibre era de 0.35 mm.

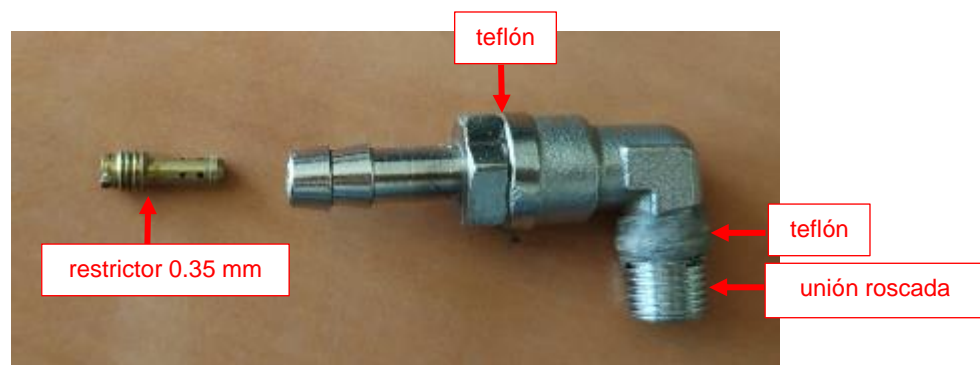


Figura 7. Boquilla y restrictor de la línea de retorno de combustible

1.16.5 Directrices de ROTAX para la instalación de la línea de retorno

El manual del operador, manual de instalación, manual de mantenimiento y el catálogo de partes de Rotax incluía información sobre las características e instalación necesaria de todos los componentes del sistema de combustible para el motor 912ULS. A continuación, se transcriben los fragmentos de interés para la investigación:

1) Fuel system:

1.1) Description of the system:

- *Fuel lines: Return line from fuel pressure control to fuel tank.*
- *Return line: Via the return line surplus fuel flows back to the fuel tank and suction side of the fuel system. NOTE: the return line prevents malfunctions caused by the formation of vapor lock.*
- *Components: Return line from engine to tank (with integrated adapter sleeve).*

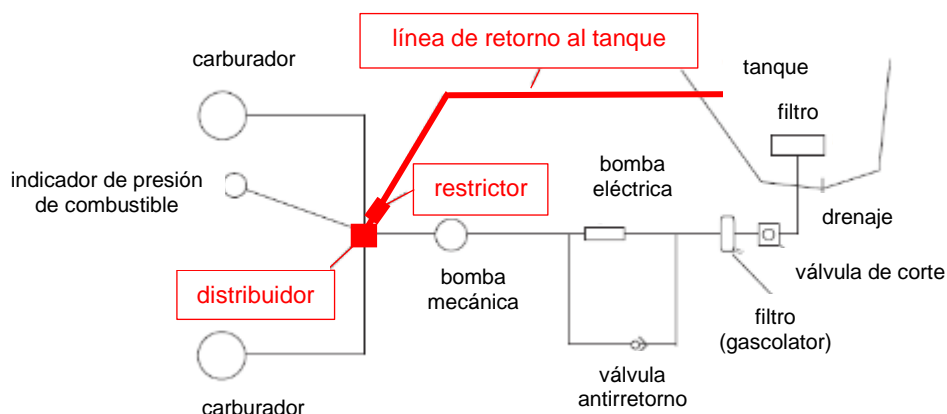


Figura 8. Sistema de combustible

1.3) Requirements of the fuel system

- *Fuel lines: Fuel lines have to be established to the latest requirements such as FAR o EASA by the aircraft manufacturer. For prevention of vapor locks, all the fuel lines on the suction side of the fuel pump have to be insulated against heat in the engine compartment and routed at distance from hot engine components protected appropriately. At very critical conditions e.g. problems with vapor formation the fuel lines could be routed in a hose with cold air flow.*
- *Fuel return line: the installation of a fuel return line is mandatory. If the fuel distributor piece with regulator from ROTAX is not available, the fuel pressure must be regulated by a restriction in the fuel return line, which ensures that the fuel pressure is under all operating conditions within the operating limits specified by ROTAX.*

1.4) Connecting dimensions, location of joints and directives for installation

1.4.1) Fuel manifold:

- *Return line: return line to tank: outside dia.: 7 mm.*
- *Connection nipple: the connection nipple is furnished with an orifice essential for operation of the fuel system. If the pressure gauge connection is not used and a hose nipple installed, the banjo bolt assy. Marked with a color dot or marked "FUEL" is*

furnished with an orifice. This is essential for operation of the fuel system as it prevents a loss in fuel pressure.

- Orifice: 0.35 mm.

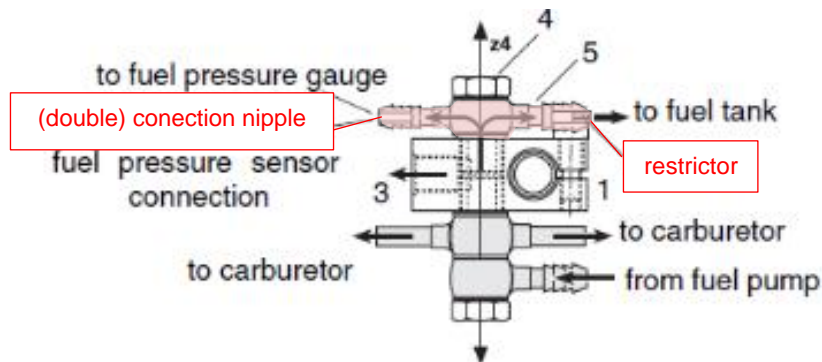


Figura 9. Distribuidor de combustible

1.4.2) Fuel pump:

- Fuel intake connection. Outside dia.: 8 mm.

1.2.2) Electrical fuel pump:

- The engine manufacturer requests the use of an electrical auxiliary fuel pump. The electrical auxiliary fuel pump is not just required in case of a malfunction or detect of the mechanical fuel pump, but also provides required fuel supply, e.g. in case of vapour formation at high altitudes and temperatures.

El catálogo de partes (Illustrated Part Catalogue), incluye el despiece de todas las partes del distribuidor incluida el doble conector de la línea de presión y de indicación de presión en cabina: *Double hose nipple assembly: p/n 956602*. El resto de piezas del conjunto están referenciadas con un número de parte.

1.16.6 Combustible en motores ROTAX

El manual de usuario de motores Rotax de la serie 912, indica que es posible usar gasolina de automoción MOGAS EN 228 Super (gasolina 95 octanos) o EN 228 Super plus (gasolina 98 octanos), y gasolina de aviación AVGAS 100 LL.

1.17. Información sobre organización y gestión

La normativa vigente en relación con las aeronaves ultraligeras de construcción por aficionados establece que es el propietario el responsable del mantenimiento, no siendo obligatorio la realización del mantenimiento en un centro de mantenimiento autorizado. Sin embargo, no conlleva la autorización para realizar cambios en el diseño definido por los fabricantes de aeronave y motor, como en este caso, la modificación del trazado de la línea de retorno de combustible.

1.18. Información adicional

No aplicable.

1.19. Técnicas de investigación útiles o eficaces

No aplicable.

2. ANÁLISIS

El jueves 26 de noviembre de 2021, la aeronave de construcción por aficionados VM-1 Squal EC-ZFF sufrió un fallo de motor durante la fase de ascenso inicial tras el despegue que le llevó a realizar un aterrizaje de emergencia fuera de campo. Eran las 13:30 horas y la operación se estaba realizando desde el aeródromo de Totana (Murcia).

2.1. Limitaciones de la investigación

Debido a que el accidente fue notificado 2 meses y medio después, y que en el momento de la notificación la aeronave estaba en proceso de reparación con el motor completamente desmontado de la bancada, la investigación y conclusiones han estado limitadas, pudiendo establecerse únicamente hipótesis probables. La CIAIAC no ha podido realizar la comprobación fehaciente del estado y condición del motor y aeronave tras el accidente. Todos los sistemas de interés para la investigación habían sido manipulados y desmontados, por lo que las comprobaciones posteriores realizadas por la Comisión no pueden considerarse concluyentes.

2.2. Condiciones de la operación

Meteorología:

Respecto a la meteorología las condiciones de viento, capas de nubes, visibilidad y temperatura no eran limitativas para el vuelo que pretendía realizar el piloto y no afectaron al vuelo posterior ni al aterrizaje. El viento, aunque prácticamente cruzado, era de baja intensidad, y no se considera como un factor a considerar en este evento.

Gestión de la emergencia:

Respecto a la gestión de la emergencia, se valoran dos comportamientos del piloto de forma positiva:

- la capacidad del piloto de modificar sus decisiones según se iba desarrollando el vuelo, en concreto, la decisión de buscar un campo para la toma en base a la posición de la aeronave respecto a la pista, aceptando la imposibilidad de tomar en la pista.
- la priorización del piloto de volar la aeronave sobre otras tareas como, por ejemplo, asegurar el motor o intentar un re arranque del mismo, para las que no había tiempo ni distancia suficiente para completarlas. Esta focalización permitió que el piloto completase el vuelo de forma controlada y satisfactoria.

Como aspecto de mejora, la maniobra realizada por el piloto es desaconsejada por los riesgos que implica. En este caso, tras un fallo de motor en despegue la aeronave debería haber continuado el vuelo “por derecho”, evitando realizar virajes a baja altura y velocidad.

Daños:

Los daños que presentaba la aeronave tras el accidente son consistentes con la declaración del piloto y con las marcas y huellas dejadas en el terreno, permitiendo concluir que todos los daños se produjeron durante el recorrido de aterrizaje. Se considera que el aterrizaje se realizó a baja

velocidad y de forma controlada. El colapso del tren de morro se produjo en la parte final del rodaje y, seguramente, debido a un bache en el terreno. La simetría de los daños en dos de las tres palas de la hélice, así como la naturaleza de los mismos, parecen indicar que el motor desarrollaba o muy poca potencia o iba parado en el momento de la toma de contacto con el terreno.

2.3. Pérdida de potencia del motor

La investigación ha determinado que la parada completa del motor, inicialmente reportada por el piloto, no fue tal. La pequeña reacción del motor posterior al evento inicial sugiere que el motor sufrió, inicialmente, una pérdida de potencia durante el ascenso inicial.

Lo que parece claro por los daños en la hélice, es que el motor en el momento de la toma de contacto iba o bien parado o desarrollando muy poca potencia. Según la información proporcionada por el piloto, los carburadores se encontraron vacíos de combustible, por lo que se puede concluir que, en el momento de la toma, el motor iba parado. Por lo tanto, la secuencia de eventos fue la siguiente: pérdida de potencia durante el despegue que finalizó con una parada completa del motor, todo ello debido a la falta de combustible en los carburadores, y por lo tanto en el motor.

La aeronave, según la información proporcionada por el piloto, tenía combustible para completar el vuelo, por lo que se descarta este factor como contribuyente al accidente.

Este escenario (combustible en la aeronave, pero no en el motor, pérdida de potencia y parada final del motor) entra dentro de la tipología de accidentes de fallo de motor debido a falta de suministro³ de combustible causado por un mal funcionamiento o una incorrecta gestión del sistema de combustible.

2.4. Causas del mal funcionamiento del sistema de combustible

Los puntos de partida para analizar las posibles causas por las que, habiendo combustible en la aeronave, no llegaba al motor, son los siguientes:

- La ausencia de combustible en ambos carburadores, según describió el piloto.
- Las anomalías encontradas en el sistema de combustible de la aeronave:
 1. La holgura en la unión de la boquilla de retorno de combustible con el distribuidor de combustible.
 2. La instalación errónea de la línea de retorno de combustible, que no cumplía su función de eliminar el vapor del circuito, sino que lo volvía introducir en el sistema.
 3. La utilización de una bomba mecánica que debía haberse sustituido hacía 15 años.
 4. La utilización de líneas de combustible de retorno y anteriores a la bomba mecánica que tenían un diámetro menor del que recomendaba el fabricante.
- Las pruebas operativas realizadas al sistema de combustible.

³Se diferencia entre agotamiento de combustible (fuel exhaustion), cuando no hay combustible suficiente; y falta de suministro (fuel starvation) cuando hay combustible en la aeronave, pero éste, por el motivo que sea, no llega al motor.

El diseño del sistema de combustible es tal que el recorrido del combustible es común hasta un punto: el distribuidor del combustible, donde se bifurca con una línea dedicada hacia cada carburador. Por lo tanto, para que ambos carburadores se hubiesen quedado sin combustible a la vez, el problema no estaría en los carburadores sino en los tramos comunes previos.

Obstrucciones en las líneas y bomba eléctrica:

Las pruebas operativas realizadas han descartado la presencia de obstrucciones, que hubiesen impedido la circulación del combustible, en las líneas de combustible, en el distribuidor, y en las cinco boquillas de unión del distribuidor.

La bomba eléctrica y la válvula anti-retorno en paralelo con ella, tampoco se consideran causa del problema, ya que, en caso de haberse obstruido la primera, la válvula, que estaba instalada con la orientación correcta, hubiese permitido el paso de combustible.

Pérdida de combustible por la línea de retorno:

La unión de la boquilla de unión de la línea de retorno de combustible al distribuidor no era estanca y permitía el movimiento de la boquilla con facilidad. Esta holgura permitiría la pérdida de combustible, cuya consecuencia sería una disminución del flujo de combustible en el resto de las líneas, entre las que se encuentran las de los carburadores. Una vez que a los carburadores no llega el combustible en la cantidad y presión necesaria, el motor sufre una pérdida de potencia, siendo, por lo tanto, una explicación factible a la pérdida de potencia descrita por el piloto.

Esta hipótesis, siendo la más factible, posiblemente habría generado olor en el compartimento del motor y, restos de pérdidas de combustible en las zonas cercanas a la fuga. Respecto al olor, el piloto no describió haberlo notado ni en el vuelo del accidente ni en vuelos previos. Respecto a lo segundo, la demora en la notificación impidió la comprobación de marcas o restos de combustible.

Posibilidad de formación de tapón de vapor ("vapor lock"):

La instalación de la línea de retorno se encontró incorrectamente instalada en el motor. No eliminaba la presencia del vapor de combustible debido a que la instalación, en lugar de dirigirse hacia el tanque para que allí se eliminasen, las volvía a meter en el circuito de nuevo. Normalmente, el fenómeno del tapón de vapor se produce por incrementos de la temperatura no tanto ambientales sino en el compartimento del motor, por bajas presiones producidas por pliegues o estrechamientos en las líneas de combustible, por la utilización de combustibles con un alto índice de volatilidad o por una combinación de varios de estos factores.

En el evento de la aeronave EC-ZFF se dieron varios de estos factores: la utilización de gasolina de automoción, cuyo mayor índice de volatilidad respecto al de aviación incrementa el riesgo de formación de tapones de vapor y el tiempo de operación del motor durante más de 15 minutos en tierra antes del despegue favoreciendo el aumento de temperatura del compartimento del motor sin la refrigeración del aire que habitualmente se tiene en vuelo.

En conclusión, se considera que las condiciones en que se realizó el vuelo pudieron favorecer la formación de un tapón de vapor y contribuir a la pérdida de potencia y/o parada del motor. Una

vez generado este fenómeno, la instalación de la línea de retorno no permitía su eliminación, manteniendo el tapón dentro del circuito.

Conclusiones

Como explicación a la interrupción del suministro de combustible al motor, la investigación ha determinado como factibles la combinación de los siguientes factores:

- Una fuga de combustible por la línea de retorno en su unión al distribuidor, debido a una holgura en la unión de la boquilla al distribuidor.
- Un posible fenómeno de tapón de vapor en el sistema, debido a: un incremento de la temperatura durante el funcionamiento previo en tierra, la utilización de combustible de automoción y una incorrecta instalación de la línea de retorno que no cumplía su función.
- Una posible merma en el rendimiento del motor debido a la utilización de una bomba obsoleta desde hacía 16 años y varias líneas de combustible de menor diámetro del teórico.

Dadas las limitaciones de la investigación, el origen de la falta de alimentación de combustible no ha podido determinarse con certeza.

2.5. Holgura en la línea de retorno y mantenimiento de la aeronave

No ha sido posible comprobar documentalmente las actuaciones de mantenimiento realizadas sobre la aeronave. La única información con la que se ha podido realizar un histórico del mantenimiento de la aeronave han sido las anotaciones existentes en los libros de motor y aeronave y la descripción verbal realizada por el piloto. Esta situación es acorde a la reglamentación, ya que la operación de construcción por aficionados sólo requiere al piloto como único responsable del mantenimiento de su aeronave.

En relación con las actuaciones sobre el sistema de combustible, parece que tanto el propietario como el centro European LSA realizaron actuaciones sobre el mismo, aunque no coincidían en las tareas que habían hecho uno y otro. En concreto, y respecto a la línea de retorno, se modificó la instalación en tres ocasiones:

- Mayo 2019: 630 h, 1º instalación
- Mayo 2020: 717 h, 2ª instalación
- Agosto 2020: 736 h, 3º instalación
- Noviembre 2020: 755 h, accidente

La instalación en lo que respecta al nuevo distribuidor y a la línea de retorno permitía el mismo flujo de combustible en el distribuidor, pero presentaba diferencias respecto a lo establecido en la documentación de Rotax: piezas utilizadas, diámetro de la línea de retorno, protección térmica y trazado de la línea de retorno que, salvo en la 2ª instalación no se llevaba al tanque. Esta primera instalación fue modificada en dos ocasiones posteriores, en las que se utilizaron el mismo distribuidor y la misma boquilla.

La información gráfica muestra que, en la 3ª instalación, la unión al distribuidor de la línea de retorno se realizó con teflón. El teflón genérico utilizado está contraindicado debido al efecto corrosivo que tiene el combustible sobre él. El teflón se había utilizado en dos zonas: en la zona roscada y en la unión de las dos partes que conforman la boquilla. La utilización de este material sugiere que cuando se realizó esta instalación, la unión entre la boquilla y el distribuidor presentaba problemas de ajuste y estanqueidad, que intentaron solucionar con este material. Esto se confirma con el estado en que se encontraba la unión roscada entre ambas piezas. El encaje de la boquilla en el distribuidor se había realizado de forma no paralela, es decir, torcido y además los hilos de rosca estaban completamente erosionados. Esto confirmaba el deslizamiento de una pieza sobre otra y aseguraba la falta de estanqueidad y rigidez de la unión, propiciando el giro que se confirmó en el video enviado por el taller de mantenimiento.

Por último, se considera factible que durante las 19 h que operó la aeronave desde que se realizó esta última instalación hasta que ocurrió el accidente, la boquilla de la línea de retorno fuese aflojándose por las vibraciones del motor en vuelo, debilitando la solución con teflón que se había utilizado.

Por lo tanto, se considera que el origen del problema detectado con la línea de retorno, se produjo por un mal estado del distribuidor y la boquilla de retorno generado durante dos modificaciones de la instalación. La presencia del teflón indica que este mal estado era conocido por la persona que realizó la instalación, que no se ha podido determinar, y que, conscientemente, tomó la decisión de mantenerlas en lugar de cambiarlas.

3. CONCLUSIONES

3.1. Constataciones

- La toma de contacto se realizó de forma controlada.
- El combustible utilizado era MOGAS, permitido por el fabricante del motor.
- La unión de la boquilla del retorno de combustible al distribuidor presentaba holgura, erosión de los hilos de rosca y presencia de teflón.
- La línea de retorno de combustible estaba incorrectamente instalada, no cumpliendo la función para la cual se había instalado.
- La bomba mecánica estaba obsoleta, debiéndose haber sustituido hacía 15 años.
- Algunas líneas de combustible presentaban diámetros menores a los que establecía el fabricante.
- La última modificación al sistema de combustible, realizado 19 h antes del accidente, se realizó utilizando unas piezas en mal estado (distribuidor y boquilla de la línea de retorno).

3.2. Causas/Factores contribuyentes

Se considera que la causa del accidente de la aeronave EC-ZFF fue la realización de un aterrizaje de emergencia fuera de campo, motivado por la parada del motor debido a la falta de suministro de combustible al mismo, cuyo origen no ha podido ser determinado con seguridad.

4. RECOMENDACIONES SOBRE SEGURIDAD OPERACIONAL

Debido a las anomalías y discrepancias encontrados en la aeronave EC-ZFF, en relación con los criterios de diseño definidos por el fabricante, se emiten las siguientes recomendaciones de seguridad:

REC 26/21. Se recomienda al propietario de la aeronave EC-ZFF que tome las medidas necesarias para asegurar que su aeronave cumple con las especificaciones y requisitos de diseño definidos por los fabricantes del motor y de la aeronave.

REC 27/21. Se recomienda a la Asociación de Aviación Experimental que tome las medidas de divulgación necesarias entre los propietarios pilotos de aeronaves construidas por aficionado, para:

- La importancia de mantener canales de comunicación con los fabricantes de motor y célula que permita estar informados sobre el estado de desarrollo de los equipos instalados en sus aviones.
- Respetar las especificaciones de diseño establecidas por los fabricantes de motor y de aeronave.