

RESUMEN DE DATOS

LOCALIZACIÓN

Fecha y hora	Sábado, 23 de julio de 2011; 13:05 h local¹
Lugar	Proximidades del aeródromo de Santa Cilia de Jaca (Huesca)

AERONAVE

Matrícula	G-CCRC
Tipo y modelo	CESSNA TU-206 (S/N: U206-07001)
Explotador	Centro de Paracaidismo Pirineos

Motores

Tipo y modelo	TELEDYNE CONTINENTAL MOTORS TSIO 520-M7B (S/N: 532404)
Número	1

TRIPULACIÓN

Piloto al mando

Edad	28 años
Licencia	Piloto comercial de avión
Total horas de vuelo	1.720 h
Horas de vuelo en el tipo	800 h

LESIONES

	Muertos	Graves	Leves/ilesos
Tripulación			1
Pasajeros			5
Otras personas			

DAÑOS

Aeronave	Menores
Otros daños	Ninguno

DATOS DEL VUELO

Tipo de operación	Trabajos aéreos – No comercial – Lanzamiento de paracaidistas
Fase del vuelo	En ruta – Lanzamiento de paracaidistas

INFORME

Fecha de aprobación	27 de febrero de 2014
---------------------	------------------------------

¹ La referencia horaria es la hora local (LT) salvo indicación en contra.

1. INFORMACIÓN SOBRE LOS HECHOS

1.1. Reseña del vuelo

El día 23 de julio de 2011, a las 13:05 LT, el piloto de la aeronave Cessna U-206 despegó del aeródromo de Santa Cilia de Jaca con el objeto de llevar a cabo un lanzamiento de paracaidistas. Era el tercer vuelo de la actividad aérea de la aeronave ese día. Las condiciones meteorológicas eran apropiadas para el vuelo visual y para la actividad de paracaidismo. El viento era ligero de componente Oeste. A bordo de la aeronave se encontraban cinco paracaidistas y el piloto.

Cuando el piloto redujo el régimen del motor para finalizar el ascenso, volando sobre la vertical del campo a unos 3.300 m de altitud, (aproximadamente unos 11.000 ft), percibió olor a humo, vibraciones y pérdida de potencia del motor.

Los paracaidistas saltaron del avión con normalidad, descendieron sin dificultades y aterrizaron en el lugar previsto. El piloto inició el descenso para el aterrizaje manteniendo el régimen seleccionado en el motor. Poco antes del aterrizaje el piloto solicitó potencia al motor comprobando que éste no respondía aunque se mantenía en funcionamiento.

El terreno en la aproximación a la pista 27 del aeródromo de Santa Cilia de Jaca desciende abruptamente, y en esa zona, previa al umbral, suelen producirse turbulencias orográficas. Advirtiendo el piloto que el viento había incrementado su fuerza, optó por realizar un aterrizaje de emergencia fuera del aeródromo, en un campo despejado, paralelo y a la derecha de la pista 27, para asegurar la toma. Por radio comunicó sus intenciones y tras el aterrizaje informó de su situación al aeródromo.

Ni la aeronave ni el piloto sufrieron daño alguno en el aterrizaje. Todos los daños materiales quedaron confinados al motor.

1.2. Información sobre la aeronave

1.2.1. *General*

El tipo de avión Cessna TU-206, es monomotor de ala alta arriostrada, de 1.633 kg de peso máximo al despegue.

La aeronave del incidente estaba equipada con un motor Teledyne Continental Motors TSIO-520-M con una potencia máxima de despegue de 310 HP. Esta aeronave fue registrada en la CAA de Reino Unido con matrícula G-CCRC en febrero de 2004 a nombre del propietario actual de ésta.

El propietario de la aeronave, Skycentre Moonjumper International, con base en Coleraine (Londonderry, Irlanda del Norte, Reino Unido) tenía alquilada la aeronave sin tripulación al Centro de Paracaidismo Pirineos con sede en Santa Cilia de Jaca (Huesca, España). El contrato era para un año renovable, para un mínimo de 250 h y para lanzamiento de paracaidistas. El coste de mantenimiento era deducido del pago semanal del alquiler.

La aeronave de matrícula G-CCRC disponía de un ARC («Airworthiness Review Certificate»), con referencia 058/2010 expedido por la CAMO Köhler (Approval ref. DE.MG.1007) en fecha 29/06/2010 y con fecha de vencimiento de 24-09-2011.

1.2.2. *Motor*

El motor TCM TSIO-520-M es sobrealimentado y con inyección de combustible. Tiene seis cilindros horizontales y opuestos, de gran diámetro, 5,25 in, enfriados por aire. Este modelo de motor alternativo sobrealimentado es el más popular en la aviación ligera, se ha utilizado en diversos tipos de avión monomotores y bimotores y se ha fabricado en alto número de unidades.

1.2.3. *Programa e historial de mantenimiento*

La aeronave tenía un programa de mantenimiento genérico aprobado por la CAA, CAP 766 y CAP 411, para aeronaves de menos de 2.730 kg, con motores de pistón y usados para aviación comercial y no comercial.

Durante los dos últimos años de operación del avión el centro de mantenimiento contratado por el Centro de Paracaidismo Pirineos, era Locavions ubicado en Pau (Francia), hasta el mes de junio de 2011 en el que esos trabajos se empezaron a encomendar a Futurhangars, S.L., ubicado en Sabadell (Barcelona).

El mantenedor Locavions requirió la ayuda de Rectimo para tareas mayores en el motor y de Aeromechanics de Marsella para solucionar fallos puntuales de otros sistemas en algunas ocasiones.

En Locavions se aplicaba el programa de mantenimiento genérico, con revisiones de 50 FH, 150 FH y ANUAL.

Con fecha 5/06/2011, Futurhangars, vía e-mail al Centro de Paracaidismo Pirineos, hizo indagaciones sobre el programa de mantenimiento que ha de aplicar. No parecía existir programación de pesada de aviones, control de AD y de inspecciones estructurales, tareas incluidas en la gestión del mantenimiento de la aeronavegabilidad a llevar a cabo por el CAMO.

La inspección de línea y las diarias eran realizadas por la propia tripulación, que alertaba al taller sobre cualquier anomalía de funcionamiento y controlaba el potencial tanto de aeronave como del motor.

1.2.4. Situación de horas de vuelo y revisiones

Tipo de revisión	Fecha	Horas avión	Horas motor	Centro mantenimiento
Overhaul Motor	03/08/2008	2.807	0	¿?
Emisión y control MSB 09-1A	Abril 2009	2.845	38	Locavions
50 h	Julio 2009	2.896	89	Locavions
150 h	Agosto 2009	2.942	135	Locavions
Cambio de cilindros (6) MSB 09-1B	Octubre 2009	2.990	183	RECTIMO
50 h + 150 + anual	Abril 2010	3.038	231	Locavions
Firma contrato CAMO	Junio 2010			CAMO Köhler (Locavions)
Cambio del alternador	2/07/2010	3.077	270	Locavions
50 h	27/07/2010	3.086	279	Locavions
50 h + bomba de vacío	22/09/2010	3.137	330	Locavions
Cambio de neumático	14/10/2010			Locavions/AD Santa Cilia de Jaca
150 FH + cambio cilindro n.º 3	07/03 al 01/04/2011	3.184	376	Locavions/RECTIMO
50 FH	9/6/2011	3.234	425	Futurhangars
Incidente	23/07/2011	3.281	472	Santa Cilia de Jaca

La próxima revisión de 50 FH, se debía hacer al alcanzar las 475 FH totales de motor, ya que cuando ocurre el incidente el avión estaba con 47 FH desde la última revisión, a punto de cumplir el plazo de la revisión de 50 FH.

La última revisión ANUAL, se encontraba vencida desde abril de 2011. En esa fecha el CAMO debería haber alertado al operador y al taller de esta inspección periódica.

En la revisión de la documentación de mantenimiento, recopilada en Locavions a través del BEA, se cita en varios documentos de la revisión de 22/09/2010 como revisión de 150 FH, habiendo sido realmente de 50 FH. Asimismo hay errores repetidos en la documentación asignando al motor como de Lycoming.

En la última revisión de 150 h de abril de 2011, como trabajos adicionales, se desmontó el escape para reparación de grietas, desmontaje del turbocompresor para cambio de

juntas, y desmontaje/montaje del cilindro n.º 3 seguido de búsqueda de fugas de gases de escape importantes. El desmontaje del cilindro se debió a la mecanización para la sujeción de al menos un esparrago y su collarín de la salida de gases de escape. Para el montaje del cilindro tras la reparación hubo dificultades en el taller que dieron lugar a un gran retraso en el retorno de la aeronave a la operación de vuelo.

En las dos últimas inspecciones de 150 h, de abril de 2010 y abril de 2011 se anotó en la prueba de compresión de cilindros la indicación de 80 para cada uno de los seis cilindros y en ambas pruebas (sin especificar el equipo calibrador con el que se mide, ni las unidades de medida).

En la última inspección de 50 h, efectuada por el nuevo taller de mantenimiento contratado por el operador, se detectó de nuevo la presencia de manchas producidas por fugas de los gases de escape.

1.2.5. *Particularidades del motor y de su operación*

Cilindros

Cada uno de los seis cilindros del motor Continental TSIO 520-M7B está compuesto por dos piezas de fundición: Un cilindro propiamente dicho, en fundición de acero, y una culata en fundición de aleación de aluminio, ambos unidos permanentemente en el proceso de la fabricación. La culata aloja las bujías, inyectores de combustible y las válvulas de admisión y escape, cerradas por resortes de muelles. Las válvulas se operan por el empuje de los taqués sobre los balancines que atacan los vástagos de las válvulas en la forma convencional. Estando refrigerados por aire, el exterior de los cilindros incorporan las aletas de refrigeración integrales de las piezas fundidas.

El diseño del motor provee al cilindro de mayor riesgo (uno de los dos traseros, el n.º 1 o 2) con sensores de temperatura de culata, CHT («Cylinder Head Temperature»), que no debe exceder en la operación normal de 380 °F, con máximo limitativo de 460 °F. Se dispone además de un sensor de temperatura de escape, EGT, en el colector del lado derecho (lado más caliente por la presencia del turbocompresor). El equipamiento de la unidad accidentada incorporaba un instrumento con indicador digital y 12 sensores para la indicación de la temperatura CHT y EGT de cada uno de los seis cilindros del motor.

Según testimonios recabados de mecánicos que han trabajado con este motor, su mantenimiento es caro y su operación es intolerante con cambios rápidos de potencia de crucero a potencia de ralentí. El descenso desde la temperatura alta, correspondiente a un motor a alta potencia, a la temperatura de un motor a ralentí, puede causar grietas de fatiga y estrés térmico en la culata de los cilindros, a causa del rápido enfriamiento.

Cuando el motor en la actividad de lanzamiento de paracaidistas se opera correctamente, se considera que el motor es fiable, aunque bien es cierto que varios

mecánicos expertos consultados indicaron que muy raramente se llegaba a consumir su potencial de 1.400 h entre overhaul.

En el contrato de alquiler de la aeronave, el arrendador solicitaba que se le enviara copia de los diarios de abordo para poder comprobar los tiempos de cada ciclo de vuelo y asegurarse de que los descensos no se hacen muy rápidos.

El boletín de servicio SB 03-3 de TCM proporciona un test de presión diferencial y complementa la comprobación de estanqueidad con una inspección boroscópica. Para determinar su utilidad y a realizar en las inspecciones con intervalo de 100 h, anual o cuando se sospechen problemas en los cilindros.

Válvulas

La experiencia común en los motores alternativos muestra que las válvulas en general pueden sufrir daños por fatiga térmica en diversas condiciones de uso continuo tales como las siguientes:

- Ciclos térmicos extremos.
- Cambios continuos y repentinos de máxima a mínima potencia
- Asiento de válvula incorrecto
- Vástago de válvula torcido
- Reglaje de taqués incorrecto
- Excesiva temperatura a causa de pre-igniciones y detonaciones.
- Falta de estanqueidad de los cilindros.

1.2.6. *Condiciones de operación de la aeronave*

La información recopilada de los tres pilotos que, principalmente, volaban el avión para los saltos de paracaidistas y las anotaciones en los registros de vuelo de la aeronave muestran que los vuelos de lanzamiento de paracaidistas tenían una duración media de 24 minutos, variando ligeramente entre los 22 de algunos días de operación en los meses de temperaturas bajas y los 25, 26 de los meses más cálidos.

Se ha comprobado que todos ellos estaban al tanto del antecedente de un fallo de motor en 2008, eran sensibles a la necesidad de operar el motor con una variación suave de régimen y aplicaban los procedimientos del Manual de Vuelo incluso de forma conservativa.

La carga de combustible se hacía siempre para dos o tres rotaciones máximo, la carga máxima de paracaidistas era de cinco ocupantes, dos tándem más un cámara, aunque en una mayoría de vuelos se hacían con un tándem y un cámara o dos tándem. La

altitud máxima de remolque era de 14.000 ft QNH y la más utilizada y habitual era de 12.500 ft QNH.

Concretamente, en cuanto a los procedimientos específicos de vuelo, la potencia máx de despegue 35" se rebajaba a 30", máxima continua, en cuanto la aeronave estaba libre de obstáculos y a 500 ft sobre el terreno. El descenso se hacía reduciendo la mezcla para evitar un mayor enfriamiento del motor, con los cowl-flaps cerrados, a un máximo de velocidad de 140 kt y con un régimen de potencia de descenso, bastante superior al régimen de ralentí.

1.3. Información sobre el estado de la aeronave tras el incidente

1.3.1. Inspecciones de campo

Tras el aterrizaje de emergencia, fuera de campo y sin potencia, se comprobó que no hubo otros daños en la aeronave ajenos a los internos del motor y que éstos afectaban principalmente al cilindro n.º 3.



Figura 1. Fotografía del lado derecho del motor; cilindros n.ºs 1, 3 y 5

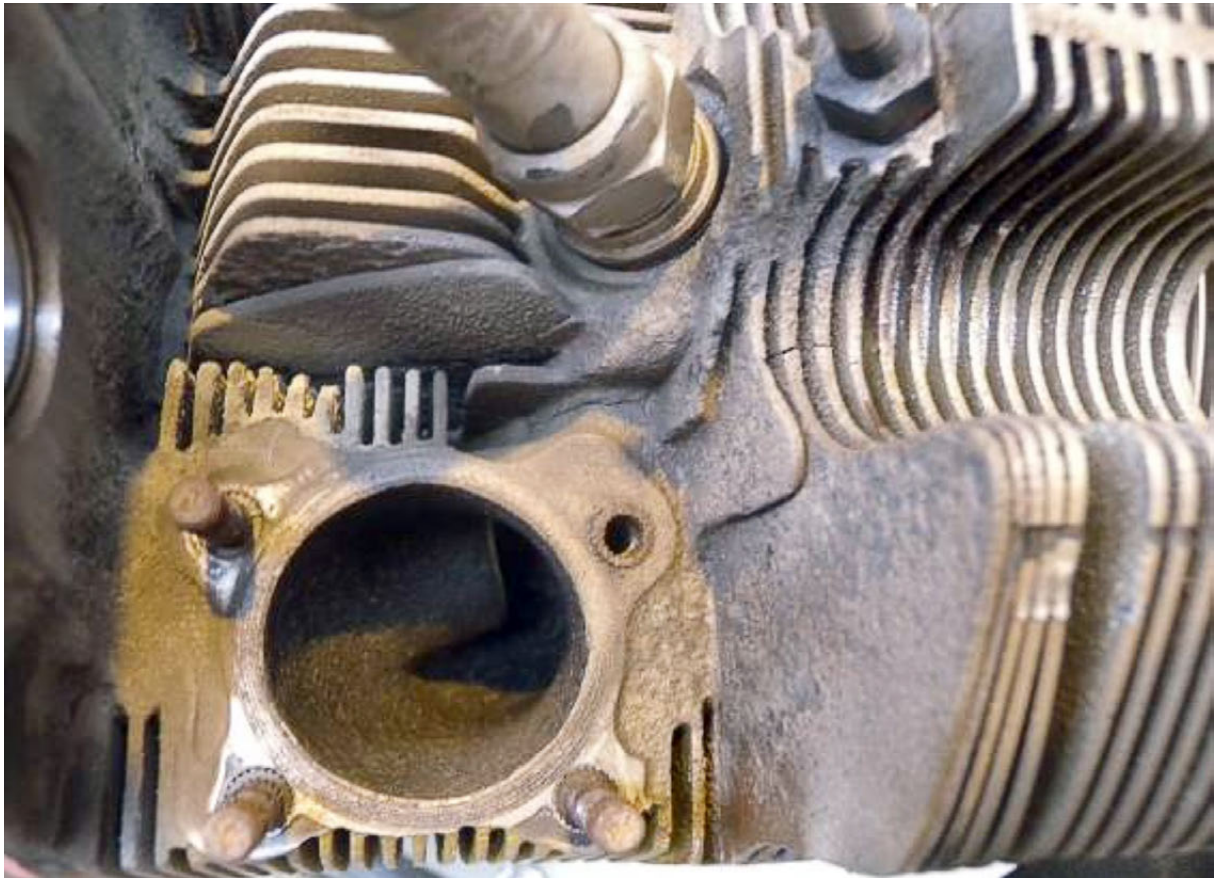


Figura 2. Grietas en las cercanías del orificio de escape y de la bujía inferior del cilindro n.º 3

Recuperado el avión y ya en el hangar se procedió a abrir el motor en presencia de representantes de las partes involucradas (operador, mantenedores y autoridad de investigación de accidentes de Francia).

Se descubrió que el fallo de material principal era la rotura del vástago en el cuello de la válvula de escape del cilindro No.3. La cabeza de la válvula separada había caído al interior del cilindro en funcionamiento del motor e iniciado la cascada de daños en el interior del motor. Examinado el aceite de lubricación y refrigeración del motor se halló pleno de partículas brillantes de bronce.

Como consecuencia de los anteriores daños se apreciaba en el exterior del motor la pérdida de aceite de refrigeración por la junta del cilindro n.º 3, abultamiento en el cárter en la zona de sujeción del cilindro n.º 3 y una grieta reciente en la boca de la bujía superior del mismo cilindro.

Los demás daños en el cilindro n.º 3 (biela torcida, pistón aplastado, taqué o varilla empujadora doblada, etc.) se consideraron también secundarios y producidos por el funcionamiento del motor impulsado por los cinco cilindros restantes tras el fallo de la válvula de escape del cilindro n.º 3.

Otros daños encontrados y sin aparente relación con los desperfectos producidos por el fallo de la válvula de escape del cilindro n.º 3 fueron: grietas y depósitos de gases de escape en las aletas del cilindro en la zona de colector de escape; aflojamiento de un espárrago de este colector y su collarín de freno roto; deformación y agrupamiento de varias aletas de refrigeración del cilindro n.º 3; una grieta circunferencial superior a 180° en la boquilla de escape del cilindro n.º 3.

Se observaron daños por sobrecalentamiento y decoloraciones, en los pasos de gases de escape, válvula de escape y balancines del cilindro n.º 3. Los cilindros adyacentes n.º 1 y n.º 5 presentaban indicios similares aunque en grado menor.

El estado general de los demás cilindros se consideró aceptable.

Adicionalmente en la inspección detallada se advirtió que:

- El calaje de la magneto derecha estaba a 26° del PMS [punto muerto superior (TDC, «Top Dead Center»)].
- El calaje de la magneto izquierda estaba a 24° del PMS (el calaje normalizado es de 22°, con tolerancia de $\pm 1^\circ$). La tarea 67 correspondiente al reglaje de las magnetos, (según MSB 94-08D), no da origen a anotaciones de los valores ajustados.
- La fijación de las magnetos al cárter del motor y las tapas de las magnetos conservaban el lacrado testigo del Centro de Overhaul, evidenciando que las magnetos no se habían abierto para el mantenimiento rutinario desde el último overhaul (en las revisiones de 150 h y anuales se necesita abrir las tapas de magnetos para la inspección de platinos, lubricación del fieltro e inspección de la leva excéntrica).
- Se observó excesivo desgaste de los electrodos de varias bujías, aunque dentro de las tolerancias de funcionamiento, para las aproximadamente 90 FH de funcionamiento desde su sustitución.
- Los platinos de las magnetos estaban picados y con cierta holgura, aunque parecen dentro de tolerancias.
- Se encontraron en mal estado de conexión la sonda de la cabeza del cilindro n.º 2 y desconectada la del n.º 3.
- La sonda general de temperatura de escape estaba anulada.

1.3.2. Examen de la válvula

La cabeza de la válvula de escape del cilindro n.º 3, sufrió múltiples golpes en el interior del cilindro tras su separación del vástago. Todos estos golpes provocaron muchas deformaciones tanto en el resto de vástago como en todo el perímetro circunferencial. No obstante el examen de esta cabeza muestra una muesca mayor en su faldón, el cual parece producto de una rotura parcial de la cabeza anterior a su desprendimiento por rotura del vástago, tal como se aprecia en la figura 3.

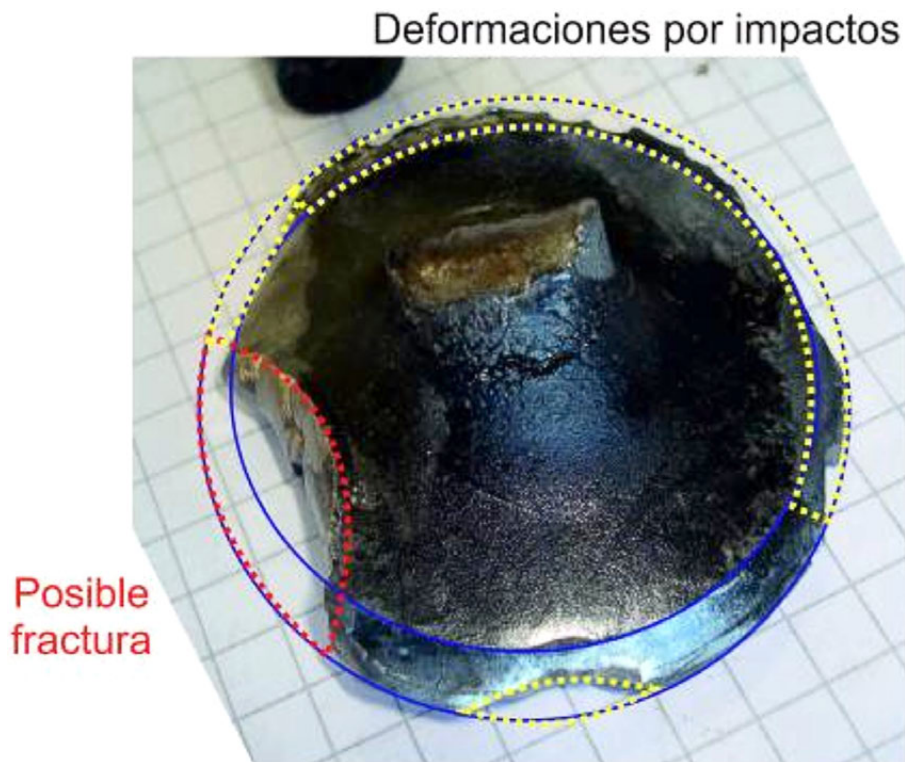


Figura 3. Cabeza de la válvula del cilindro n.º 3

1.4. Ensayos e investigaciones

1.4.1. *Desmontaje e inspecciones en el fabricante TCM*

Se envió el motor completo a Continental Motors Inc., para que fuera examinado a fondo por el fabricante, con los siguientes resultados significativos:

- Sistema de lubricación intacto con radiador y bomba de aceite sin daños. Sumidero de aceite normal, quedando solo una cantidad de aceite residual contaminada por los daños mecánicos del motor. No se encontraron signos de lubricación deficiente ni en los cojinetes del cigüeñal, ni en los componentes de cabeza de cilindros (balancines, ejes, guías de válvula, etc.), incluido el cilindro n.º 3.
- La distribución y sincronización del cigüeñal con árbol de levas era el correcto.
- Pruebas funcionales de magnetos fueron correctas y demostraron un estado normal, mostrando las bujías también un desgaste normal. Se apreció el desajuste en el reglaje de las magnetos, ligeramente adelantado.
- Bomba y sistema de combustible funcionaban con normalidad.
- Todos los cilindros y sus pistones y bielas, excepto el cilindro No. 3, presentaban un buen estado, con desgastes normales y con correcto asiento de las válvulas de admisión y escape. Los depósitos de carbonilla en todos los cilindros, pistones y válvulas, a excepción del No.3, se acumulaban en cantidades normales.



Figura 4. Grietas en boquilla de escape n.º 3, con signos de sobrecalentamiento

- El cilindro n.º 3 y sus órganos internos, pistones, segmentos, biela, etc., presentaban daños mecánicos intensos y extensos.
- La cabeza de la válvula de escape del cilindro n.º 3 se recogió del interior del cilindro.
- Los demás componentes de caja de engranajes, turbocompresor, semi-cárteres, etc., estaban bien o con daños exteriores mínimos.



Figura 5. Pistón, válvula y otros elementos del cilindro n.º 3



Figura 6. Interior del cilindro n.º 3

Resumiendo: No se encontró ninguna anomalía de importancia en el motor salvo la fractura de la válvula de escape del cilindro n.º 3, así como los daños de grietas en ese cilindro y los daños térmicos de sobrecalentamiento en la salida de escape, boquilla y tubos de escape. Los demás daños mecánicos se produjeron a consecuencia del fallo de la válvula.

1.4.2. Informe metalúrgico

Los asientos de las válvulas, según el diseño del motor, fabricados en acero, van soldados a la culata del cilindro para mejorar su resistencia al desgaste y a los ciclos de calor. Fragmentos del asiento de la válvula que falló, y los dos trozos que resultaron de la fractura de la válvula, se analizaron en los laboratorios de TCM. Se determinaron los valores de dureza en distintos puntos y se examinó la macro y la microestructura del material, llegándose a las siguientes conclusiones:

- La válvula falló por fatiga térmica.
- Las mediciones de dureza de los materiales se encontraban dentro de la especificación de diseño.
- No se identificó ningún tipo de anomalía en el material.

1.5. Testimonios recogidos

1.5.1. Declaración de la tripulación habitual de la aeronave

El piloto más habitual y a su vez encargado del control operativo de la aeronave indicó que, ya en febrero de 2010, a raíz del cambio de los seis cilindros para cumplimentar

el MSB09-1, en la revisión de 25 FH, se empezaron a observar temperaturas elevadas en la culata del cilindro (CHT) n.º 3. Dos meses más tarde comenzaron a encontrarse grandes restos de gases de escape en la zona del cilindro n.º 3 lo cual se comunicó entonces al taller, Locavions, y se reiteró el 22/07/2010, con motivo de una visita para revisión en Pau.

Se señalaron repetidamente al centro de mantenimiento la indicación de altas temperaturas de cabeza del cilindro n.º 3 y también en la indicación de alta temperatura de gases de escape de algunos cilindros.

Más tarde, el 1/04/2011, al recoger el avión tras la revisión última de 150 FH, se encontró con que el taller daba el avión apto para su puesta en servicio, estando sin indicación de CHT del cilindro n.º 3, y sin indicación de CHT de otro cilindro. Los pilotos han insistido en la comunicación de esas anomalías al obtener frecuentemente valores de CHT y EGT muy dispares y en ocasiones fuera de límites.

El retraso originado en la entrega de la aeronave en marzo-abril de 2011 se debió a dificultades en el montaje del cilindro n.º 3 por el taller, Locavions, y debió recurrir a un especialista externo para completar esta tarea.

Desde agosto a septiembre de 2009 el avión sufrió un problema eléctrico que hacía saltar el fusible de la bomba de combustible, el taller intervino cuatro veces para intentar solucionar esta avería sin conseguirlo de forma definitiva. En octubre intervino otro taller, Rectimo, localizado en Chambéry-Aix les Bains, para el cambio de todos los cilindros del motor y el problema eléctrico persistía en el vuelo de regreso. Por indicación del mantenedor habitual acudieron a un tercer taller de mantenimiento, Aeromechanics en Marsella, quien sustituyó la bomba eléctrica de combustible y solucionó definitivamente la avería eléctrica.

En la revisión de 50 h de septiembre de 2009 se comunicó el día anterior a su entrada en el taller, de la necesidad de sustituir por desgaste la rueda de morro. Tras su periodo de revisión de nueve días, la aeronave regresó con la rueda vieja y no fue hasta tres semanas más tarde cuando se logró sustituir el neumático, debido a la dificultad de obtener el repuesto.

Para la renovación del certificado de aeronavegabilidad, el taller de mantenimiento ofreció los servicios de un CAMO alemán en junio de 2010, aunque restaban tres meses de validez del mismo, porque se abarataba el coste con la oportunidad de renovar a varias aeronaves en el desplazamiento hasta Pau. Para ello se previó un desplazamiento de la aeronave desde Santa Cilia hasta Pau, con la mala fortuna que surgió una avería en el alternador y dejó la aeronave en tierra. Esto se subsanó con el desplazamiento de uno de los responsables del taller junto con el personal de revisión de la aeronavegabilidad de la CAMO hasta Santa Cilia, donde se renovó el ARC con la aeronave en el hangar.

Durante el mes de mayo de 2011 se hicieron gestiones con el taller para contactar con el CAMO y poder así renovar el AC sin resultados satisfactorios, ya que la relación de confianza entre el operador y el taller de mantenimiento se había deteriorado.

A primeros de junio de 2011 se buscó un nuevo taller para el mantenimiento de la aeronave, contratando con Futurhangars basado en el aeropuerto de Sabadell, el cual realizó la última revisión de 50 h antes del incidente.

1.6. Antecedentes

En los archivos de la CIAIAC figuran al menos dos antecedentes de evento similares y uno de ellos ocurrido al mismo operador:

- A-001/2008, el 13 de enero de 2008 en Abay-Jaca (Huesca) del mismo operador, Centro de Paracaidismo Pirineos, y el mismo tipo de motor montado sobre el mismo tipo de aeronave, G-BYIC. Se determinó que el fallo del motor se produjo por una deficiente lubricación de los casquillos de cabeza de bielas que produjo un sobrecalentamiento y rotura de la cabeza de la biela n.º 4.
- IN-013/2003, el 8 de agosto de 2003 en Pastrana (Guadalajara) de un operador privado, una aeronave Socata Rallye-100-ST, EC-ICI, y un motor TCM O-200-A. Se determinó que el fallo del motor se produjo por la rotura de la cabeza de una válvula de escape por varias grietas radiales de fatiga térmica.

1.7. Información de la organización y gestión

El Centro de Paracaidismo Pirineos está amparado bajo la normativa de club deportivo, sin ánimo de lucro, y dispone de un certificado de reconocimiento de AESA como centro de paracaidismo. Es un operador español de aviación sin ánimo de lucro por lo que no está obligado a contratar necesariamente una CAMO para la gestión del mantenimiento de la aeronavegabilidad.

La aeronave G-CCRC tenía un ARC con fecha de vencimiento el 24/09/2011 emitido por una CAMO aprobada por la República federal de Alemania (referencia de aprobación DE.MG.1007) que fue quien gestionó la aeronavegabilidad continuada a partir del 29 de junio de 2010.

El centro de mantenimiento Locavions, PART 145 n.º licencia FR 145.297 y , aprobado por la autoridad aeronáutica de la república francesa, era el contratado por el operador, con la aquiescencia del propietario de la aeronave, desde el 1 de marzo de 2009, y que había continuado encargándose del mantenimiento hasta el día 2 de mayo de 2011; fecha en la que el Centro de Paracaidismo Pirineos rescindió el contrato unilateralmente abonó las facturas de las últimas tareas realizadas y finalizadas a primeros de abril

(revisión de 150 h y trabajos en el cilindro n.º 3) y retiró del taller toda la documentación que acompaña a la aeronave.

Locavions propuso a Centro de Paracaidismo Pirineos que utilizara los servicios de la CAMO alemana (n.º licencia DE.MG.1007). La relación profesional del operador con el CAMO no se estableció. La transmisión de información de tiempo de vuelo y de anomalías en el servicio seguía el flujo operador-taller-CAMO, cuando debería haber sido operador-CAMO-taller.

Cuando se produjo el incidente del fallo del motor en vuelo, el centro de mantenimiento contratado era Futurhangars, S.L., con licencia EASA PART 145; ES 140.

En cuanto a la aeronave con registro de matrícula del Reino Unido, G-CCRC, era propiedad de una organización ubicada en Irlanda del Norte – Reino Unido.

2. ANÁLISIS

2.1. General

Cuando el 23 de julio de 2011 el avión Cessna U206 despegaba, llevaba tras de sí una historia de anomalías en el funcionamiento de su motor que se remontaban hasta poco después de que se le hubieran cambiado los seis cilindros, por cumplimiento de un boletín de servicio mandatorio en octubre de 2009 (MSB 09-1B), con lecturas anormalmente altas de temperatura, especialmente en el cilindro n.º 3, y últimamente, con indicios de fugas de gases de escape.

La operación de lanzamiento de paracaidistas es exigente para la aeronave: ha de conseguir toda la potencia de su motor sobre-alimentado, que se calienta durante el despegue y la subida hasta la altura de los saltos, y que a continuación se enfría rápidamente en el descenso. En el verano, con altas temperaturas a nivel de campo al mediodía y con temperaturas sensiblemente menores en altura, el salto térmico se extrema.

El vuelo de lanzamiento de paracaidistas se realiza en un área reducida, alrededor del campo, que el piloto llega a conocerse muy bien. En este caso cuando se produjo el fallo en altura no hubo dificultad para completar el lanzamiento de los paracaidistas y para lograr el aterrizaje suave en el terreno que el piloto juzgó como más idóneo.

Se produjo el fallo volando en altura, cuando las diferencias de presión entre el interior del motor y la presión ambiente es máxima y cuando el piloto cambió el régimen de motor, reduciéndolo, para estabilizar el vuelo horizontal e iniciar el lanzamiento. Pudo, sin embargo haber fallado el motor en una situación comprometida para la aeronave, en el despegue o volando a menor altura. Se hubiera puesto entonces en grave peligro a la aeronave y a sus ocupantes.

Como quiera que se resolvió favorablemente la operación inmediata de terminación de ese vuelo, la investigación se centra fundamentalmente en el análisis del fallo del motor, en la operación habitual del avión y del motor, en el estado del material aeronáutico antes del fallo y en el entorno empresarial aeronáutico regulado que no impidió que se llegara a esa situación de riesgo.

2.2. Fallo del motor

La inspección detallada de TCM del motor puso de manifiesto que todos los componentes y sistemas, excepto en el cilindro n.º 3, estaban en buenas condiciones de operación y funcionaban con normalidad. La lubricación alcanzaba a los cojinetes del cigüeñal, a los órganos de cabeza de cilindros, balancines, taqués, etc., con normalidad; la distribución estaba perfectamente sincronizada; el encendido daba buena chispa aunque con un pequeño adelanto respecto a su ciclo; la alimentación de combustible y el turbocompresor, funcionaban con normalidad.

El examen del motor mostró que había fallado la válvula del cilindro n.º 3 y se detectaron, asimismo, grietas en las paredes de ese cilindro y en las bridas de los escapes. Se observaron también deterioros por calentamiento en las instalaciones del motor próximas al escape.

Confirmado por el análisis metalúrgico de TCM, se pone en evidencia que el fallo del motor –Teledyne Continental Motors TSIO 520-M7B, S/N: 532404– se produjo por fatiga térmica de la válvula fracturada. Varias condiciones pueden contribuir y conducir a esa fatiga si se repiten y prolongan en el tiempo:

- a) Cambios continuos y repentinos de máxima a mínima potencia.
- b) Válvula torcida ó inclinada, asentamiento incorrecto
- c) Mala regulación de los órganos de distribución del motor.
- d) Excesiva temperatura a causa de pre-igniciones y detonaciones.
- e) Fallo en la estanqueidad de los cilindros.

Aun sin saber exactamente como se inició el fallo, si se puede estimar que al haber afectado a uno solo de los cilindros, la causa debe tener relación con alguna particularidad de ese cilindro y de su montaje y reglaje. Por los indicios hallados y enumerados, muy probablemente por un mal asiento de la válvula de escape, y fallo en la estanqueidad o fuga por esta válvula (véase figura 7), que produjo como primera etapa de degradación una pérdida de material en el perímetro de la cabeza de esa válvula (véase figura 3).

La fuga produjo la rotura parcial y ésta una mayor fuga y mayor calentamiento de la cabeza del cilindro por combustión ya no recluida entre cilindro y pistón. En un periodo de tiempo, operándose el motor en esas condiciones, la fatiga térmica hizo progresar



Figura 7. Fotografía extraída del SB 03-03 de TCM. Muestra de válvula de escape quemada con signos de fuga y daño

las grietas que se incubaron hasta que finalmente se produce la separación de la cabeza por rotura del vástago.

Las grietas en el exterior del cilindro n.º 3 y en la boquilla y tubos de escape, así como el deterioro, las decoloraciones y daños en las guarniciones de los cables e instalaciones de la zona evidencian que la combustión no estaba confinada a la cámara de combustión y que las llamas alcanzaban a los tubos de escape. Deberían haberse tomado los signos de esos deterioros, observables externamente al abrir los capós, como indicios del funcionamiento anormal de ese cilindro.

Una detección precoz de los problemas de fugas, calentamientos y fatiga térmica hubiera prevenido el fallo.

La comprobación de la estanqueidad diferencial y la inspección boroscópica de ese cilindro hubieran permitido la detección a tiempo de esos problemas. No hay constancia en los dossier de mantenimiento de que se hubiera hecho alguna vez una inspección boroscópica de alguno de los cilindros y existen serias dudas de que se hicieran

comprobaciones válidas de la estanqueidad y compresión de los cilindros, puesto que los valores registrados, en los seis cilindros y en las dos últimas revisiones realizada en Locavions, son siempre los mismos y no se anotan las presiones correspondientes a los «Orificios Maestros» de control, como prescribe el procedimiento. El boletín de servicio MSB03-3, del fabricante instruye sobre los procedimientos aplicables.

Los relatos y las declaraciones de los tripulantes sobre otras acciones de mantenimiento repetitivas e infructuosas, en otras averías no relacionadas con el motor, pueden ser indicios de un mantenimiento incompetente por parte del centro de mantenimiento.

2.3. Operación habitual del avión y del motor

Los continuos ciclos de despegue-subida-descenso-aterrizaje, en la utilización de la aeronave en la operación de lanzamiento de paracaidistas, inciden directamente en la propagación de la fatiga térmica que condujo al fallo. Es conocido por los pilotos, mecánicos y operadores que la fiabilidad de este motor depende mucho de la cuidadosa operación y gestión de los ciclos de calentamiento/enfriamiento del motor. El contrato de arrendamiento de la aeronave se hace eco y resalta la preocupación por cuidar ese detalle cuando, el propietario exige conocer los ciclos y sus tiempos en la operación habitual. Con esa información, de alguna manera, puede comprobar que, en el uso normal de su aeronave, se respetan ciclos de enfriamiento suficientemente lentos. De hecho para mejor control de la operación del motor, la aeronave tenía instalado de forma complementaria el sensor digital con indicación de todos los cilindros.

No obstante, distintos testimonios y comunicaciones entre el operador y el centro de mantenimiento se refieren a los problemas de falta de indicación de temperatura CHT y EGT desde hacía dos años. Es de extrañar como un operador pueda gestionar los ciclos de calentamiento/enfriamiento sin medición continua de esas temperaturas.

2.4. El mantenimiento

En la operación del Centro de Paracaidismo Pirineos, la inspección en línea y las diarias era responsabilidad de las propias tripulaciones que alertaban al centro de mantenimiento de las anomalías de funcionamiento que se presentaban, para que fueran corregidas.

El centro de mantenimiento, a juzgar por los errores en la documentación, las repetitivas acciones de mantenimiento que no corrigen anomalías hacen presumir que no estaba prestando un servicio de mantenimiento adecuado a la aeronave Cessna G-CCRC.

Hubo tareas de la revisión anual y comprobaciones que no se hicieron, en abril de 2011 y sin embargo, el avión siguió volando hasta la fecha del incidente. De igual manera

se advierte por los registros en la documentación que no se realizaron pruebas idóneas de estanquidad de los cilindros ni exámenes boroscópicos, y también, por hallarse intactos los precintos del taller de overhaul demostrando que nunca se comprobó el reglaje de las magnetos permitiéndose un encendido no bien ajustado en la operación continuada.

Esa organización de mantenimiento y asistida por el CAMO en cuanto a las necesidades de inspecciones y acciones correctivas que la aeronave G-CCRC requería, debería conocer las inspecciones, comprobaciones, pruebas y SB aplicables, así como, los procedimientos para comprobar y corregir las anomalías que pudieran presentarse e indicaciones de desajustes comunicadas por el operador.

Por todo lo anterior se emite una recomendación de seguridad a la autoridad de aviación civil del país del taller de mantenimiento para que reevalúe la idoneidad técnica del mantenedor de esta aeronave, Locavions.

2.5. Gestión de la aeronavegabilidad

En este caso un avión de operador español, que vuela un avión de Irlanda del Norte con matrícula del Reino Unido, mantenido por una organización de mantenimiento francesa y con intervención de una CAMO alemana, parece que conforman un entorno en el que las responsabilidades quedan enormemente diluidas.

El pequeño operador encargaba las tareas de renovación del certificado de aeronavegabilidad a una CAMO que no intervenía eficientemente en el seguimiento continuo de la aeronavegabilidad del avión, por ejemplo la aeronave operó con la inspección anual caducada. El centro de mantenimiento P-145 debía ejecutar las acciones que el operador o la CAMO le pedía directamente. Según parece, este centro de mantenimiento las ejecutaba sin seguir los SB aplicables, sin coordinar con una CAMO, y en definitiva sin dar soluciones fiables a los problemas de operación por irregularidades del motor de la aeronave.

En este escenario el taller que se hizo cargo del mantenimiento de la aeronave a partir de junio de 2011, Futurhangars, tampoco recibió información adecuada acerca de posibles problemas anteriores aún arrastrados por el motor, con lo que persistía una condición latente y potencial de fallo del motor.

El operador con estructura de Club de Paracaidismo no dispone de capacidad técnica para el control de su material aeronáutico, en este caso solamente la aeronave siniestrada, por lo que no pudo confirmar el deficiente estado de mantenimiento y corregirlo, excepto por aspectos laterales de fiabilidad y puntualidad en las tareas realizadas. Ello le llevó a cambiar de mantenedor sin conseguir transmitir certeramente las deficiencias y sin conseguir operar el motor en buen estado de funcionamiento,

también porque el nuevo mantenedor dio prioridad a la puntualidad y no al buen hacer en estas tareas.

Por lo anterior se emite una recomendación de seguridad al operador para que mejore su capacidad de control de la aeronavegabilidad de las aeronaves que opera, bien contratando personal cualificado o bien contratando un CAMO con capacidad real para ese control.

Desde julio de 2010 con la intervención del CAMO, este debería de haberse hecho cargo de la gestión de la aeronavegabilidad continuada, estableciendo una relación directa con el operador para conocer la actividad de vuelo y las posibles anomalías en el servicio, para comunicar y coordinar las tareas con el taller. Como ejemplo significativo de esta gestión deficiente la aeronave operó con la última revisión anual caducada.

Por ello se emite una recomendación de seguridad a la autoridad de aviación civil del país del CAMO para que reevalúe la idoneidad técnica del gestor de aeronavegabilidad continuada de esta aeronave, Köhler.

3. CONCLUSIÓN

3.1. Conclusiones

- El avión arrastraba una larga historia de anomalías de motor con fugas, altas temperaturas de culata en el cilindro n.º 3 y anomalías en los sistemas de indicación de temperaturas CHT y EGT.
- El día del incidente, el 23/07/11, el avión salió a volar con su piloto y cinco paracaidistas.
- Al llegar a la vertical del campo, a la altitud deseada y antes del lanzamiento de los paracas, el motor falló de repente perdiendo prácticamente toda su potencia, incrementando sus vibraciones y produciendo humos y olores de aceite quemado.
- Los paracaidistas saltaron y la aeronave aterrizó, sin potencia y sin otra novedad, en un campo de emergencia al norte del campo de Santa Cilia de Jaca y a poca distancia de la pista.
- La válvula de escape del cilindro n.º 3 se había roto por el cuello de su vástago debido a una fatiga térmica. La propia culata del cilindro y los tubos de escape presentaban grietas de estrés térmico y pérdida de material en las aletas de refrigeración.
- Los cilindros del motor se habían instalado unas 450 HV antes, en un cambio obligado por la cumplimentación de un SB mandatorio. A raíz del cambio comenzaron los problemas, en primer lugar, problemas de altas temperaturas y de indicación de temperatura; y después, de pérdidas y fugas de gases de escape.
- El mantenimiento deficiente de la aeronave no fue capaz de corregir el problema de funcionamiento anormal del motor.

3.2. Causas

- La causa inmediata del fallo de motor fue la rotura de la válvula de escape del cilindro n.º 3.
- La causa de que no se detectara precozmente el fallo se atribuye a un mantenimiento deficiente de la aeronave.
- Pudo influir en el mantenimiento deficiente de la aeronave la dilución de la asunción de responsabilidades en un entorno en el que intervenían organizaciones de distintas nacionalidades aunque estuviesen sujetas todas ellas a la normativa comunitaria.

4. RECOMENDACIONES

- REC 09/14.** Se recomienda a la autoridad de aviación civil francesa, responsable del control e inspección del taller de mantenimiento, que reevalúe la idoneidad técnica del mantenedor de esta aeronave, Locavions.
- REC 10/14.** Se recomienda a este club de paracaidismo, Centro de Paracaidismo Pirineos, que mejore su capacidad de control de la aeronavegabilidad de las aeronaves que opera, bien contratando personal cualificado o bien contratando un CAMO con capacidad real para ese control.
- REC 11/14.** Se recomienda a la autoridad de aviación civil de Alemania, país del CAMO Köhler, que reevalúe la idoneidad técnica del gestor de la aeronavegabilidad continuada de esta aeronave.