

RESUMEN DE DATOS

LOCALIZACIÓN

Fecha y hora	Sábado, 24 de septiembre de 2011; 11:44 h¹
Lugar	Proximidades de Almaraleja (Moura – Portugal)

AERONAVE

Matrícula	EC-CZG
Tipo y modelo	CESSNA FR-172-J
Explotador	Álamo Aviación

Motores

Tipo y modelo	ROLLS ROYCE-CONTINENTAL IO-360-J
Número	1

TRIPULACIÓN

Piloto al mando

Edad	25 años
Licencia	CPL(A)
Total horas de vuelo	660:35 h
Horas de vuelo en el tipo	603:15 h

LESIONES

	Muertos	Graves	Leves/ilesos
Tripulación			1
Pasajeros			2
Otras personas			

DAÑOS

Aeronave	Sin daños
Otros daños	Ninguno

DATOS DEL VUELO

Tipo de operación	Trabajos aéreos – Comercial – Observación aérea
Fase del vuelo	En ruta

INFORME

Fecha de aprobación	30 de enero de 2013
---------------------	----------------------------

¹ Todas las referencias horarias indicadas en este informe se realizan en la hora local de España. La hora UTC se calcula restando dos horas de la hora local de España.

1. INFORMACIÓN SOBRE LOS HECHOS

1.1. Reseña del vuelo

El día 24 de septiembre de 2011, la aeronave CESSNA FR-172-J, matrícula EC-CZG, operada por la Álamo Aviación y con indicativo AVD95, despegó del aeropuerto de Badajoz (LEBZ) a las 09:11 h con destino el aeropuerto de Faro (LPFR – Portugal), para realizar un vuelo de observación y seguimiento de águilas imperiales, con una duración prevista de 5 horas.

Las condiciones meteorológicas eran adecuadas para el vuelo; en el aeropuerto de Badajoz el viento era flojo, de intensidad variable y componente oeste, la visibilidad era ilimitada y no había fenómenos significativos ni nubes que pudieran afectar a las operaciones.

A las 09:19 h, el piloto comunicó a la Torre de Control de dicho aeródromo que tenían problemas con el avión y volvían al campo; preguntado por el problema, respondió que tenía una indicación de presión de aceite muy baja y había renqueado el avión. Se le autorizó para proceder directo al campo a su discreción y, cuando se le preguntó si declaraba emergencia, respondió que aún no porque, salvo la indicación de presión de aceite, todo iba correcto.

A petición del controlador de torre, el piloto informó a las 09:21 h que se encontraba en el radial 211, a 8,4 NM de distancia y con una altitud de 3.300 ft, y que su intención era realizar una base derecha a la pista 13; dos minutos más tarde informó que estaba a 5,5 NM de distancia en el mismo radial, a las 09:27 h se le autorizó para realizar la aproximación correspondiente, un minuto más tarde se le autorizó para aterrizar y a las 09:29 h aterrizó sin novedad y se dirigió al aparcamiento.

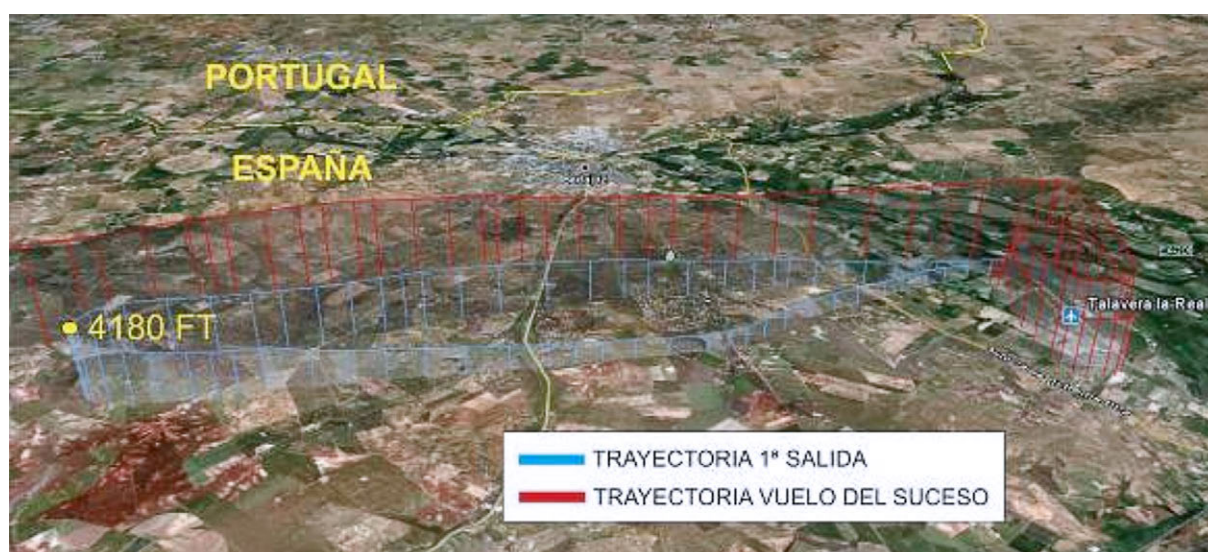


Figura 1. Trayectorias del primer vuelo y tramo inicial del vuelo del suceso

Poco más de una hora más tarde, a las 10:38 h, el piloto comunicó que estaban listos para rodar con el mismo plan de vuelo; autorizado para rodar al punto de espera de la pista 31, comunicó que la presión de aceite estaba bien y que tenía la intención de ascender a 6 o 7.000 ft en la vertical del aeropuerto y continuar después con su ruta.

Una vez autorizada para ello, la aeronave despegó de nuevo a las 10:48 h para realizar el vuelo previsto. Ascendió a 7.000 ft en la vertical del aeropuerto, abandonó la zona con rumbo 220 y continuó el ascenso con intención de alcanzar una altitud de crucero de 12.000 ft.

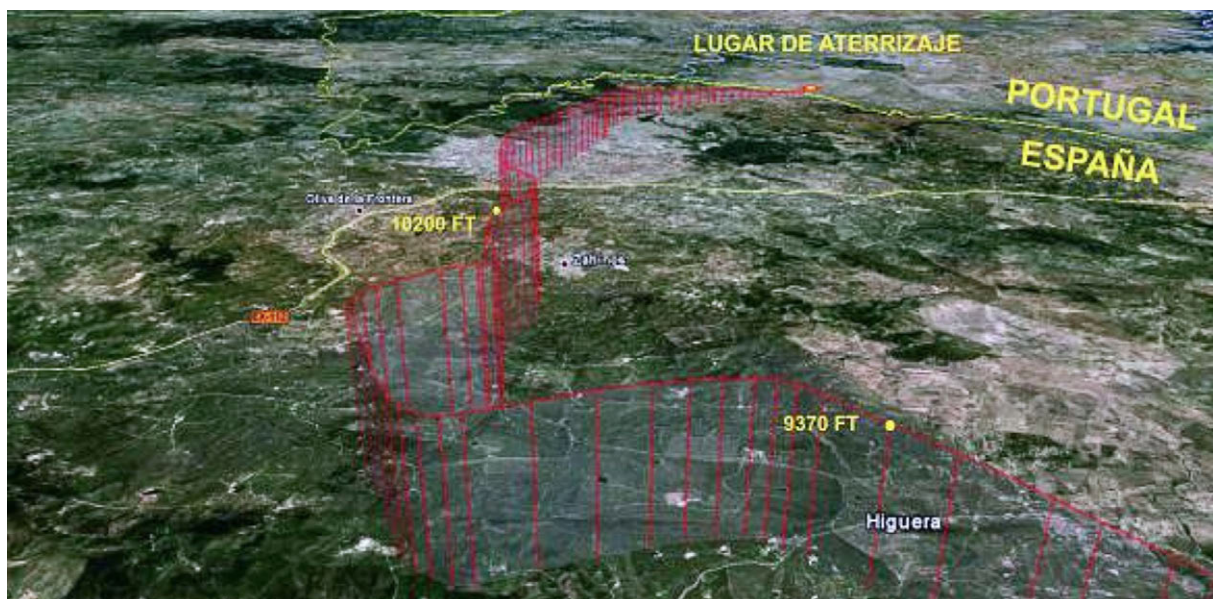


Figura 2. Tramo final del vuelo del suceso

Transcurridos 40 minutos de vuelo, al alcanzar 12.000 ft de altitud, el piloto notó un sonido anormal del motor y que este perdía potencia, por lo que decidió realizar un aterrizaje de emergencia. Comunicó su situación a la torre de control del aeropuerto de Badajoz, declaró emergencia a las 11:31 h, dio su posición y, cuando comprobó que no podía llegar a ningún campo de vuelos, eligió un terreno adecuado para tomar fuera de campo.

La aeronave aterrizó a las 11:44 h en territorio de Portugal, cerca de la carretera que une Valencia de Mombuey (Badajoz-España) y Almaraleja (Moura-Portugal), aproximadamente a 500 m de la frontera con España.



Figura 3. Aeronave en el lugar de aterrizaje

La aeronave no sufrió daños y sus tres ocupantes resultaron ilesos, saliendo de ella por sus propios medios.

1.2. Información sobre el personal

El piloto tenía una licencia JAR-FCL de Piloto Comercial de Avión —CPL(A)— emitida en España, con antigüedad del 26/05/2008 y validez hasta el 26/05/2013. Disponía de las habilitaciones de:

- Aviones monomotores terrestres de pistón —SEP (land)—, válida hasta el 10/03/2013.
- Aviones multimotores terrestres de pistón —MEP (land)—, válida hasta el 26/05/2010.
- Vuelo instrumental —IR(A)—, válida hasta el 27/06/2012.
- Instructor de vuelo —FI(A)—, válida hasta el 26/05/2010.

Y de un certificado médico de clase 1 válido hasta el 10/01/2012.

1.3. Información sobre la aeronave

La aeronave CESSNA FR-172-J, con matrícula EC-CZG y número de serie FR172-0558, había sido construida en el año 1975 y su peso máximo autorizado era de 1.157 kg. Tenía instalado el motor ROLLS ROYCE CONTINENTAL IO-360-J, con número de serie 50R066, de 210 HP al despegue.

La aeronave disponía del certificado de aeronavegabilidad n.º 1857, de fecha 27/07/2010, y de un certificado de revisión de la aeronavegabilidad válido hasta el 24/05/2012.

En el momento en que se produjo el incidente, la aeronave y el motor tenían 2.399:19 h totales y el motor tenía 899:19 h desde la última revisión general.

La aeronave y el motor habían sido mantenidos de acuerdo con el programa de mantenimiento aprobado. La última revisión en línea (A – 50 h) se había realizado el 22/09/2011 con 2.392:15 h totales y la última revisión básica (B – 200 h o 12 meses) se había realizado el 11/07/2011 con 2.342:05 h totales. Al motor se le había realizado una revisión general el 09/07/2007 con 1.500 h totales.

1.3.1. Equipo para la localización de aves

Las aves a localizar están marcadas con emisores de radio en la banda de 148 a 152 kHz. El equipo para su detección consiste dos escáneres de barrido, manejado cada uno

de ellos por un técnico a bordo de la aeronave; en el exterior del avión se instalan dos antenas, una en cada uno de los montantes de las alas (véanse figura 3 y detalle en la figura 4); los cables que llevan la señal de las antenas a los escáneres se introducen por orificios de ventilación existentes el intradós de las alas y se canalizan hasta el interior de la cabina.



Figura 4. Detalle de una antena

1.3.2. *Manual de vuelo. Indicación de baja presión de aceite*

En la sección 3 del manual de vuelo de la aeronave, correspondiente a los procedimientos de emergencia, bajo el epígrafe «Operación anormal del motor o pérdida de potencia», se contempla la actuación en el caso de Indicación de baja presión de aceite, en los términos siguientes:

«Si la indicación de baja presión de aceite está acompañada por una indicación normal de temperatura de aceite, existe la posibilidad de que el indicador de presión de aceite o la válvula de alivio estén funcionando mal. Una fuga en el conducto hacia el indicador no es necesariamente motivo para realizar un aterrizaje precautorio inmediato, porque un orificio en este conducto impedirá una pérdida repentina de aceite procedente del cárter del motor. Sin embargo, sería conveniente aterrizar en el aeropuerto más próximo para determinar el origen del problema.

Si se produce una pérdida total de presión de aceite acompañada por un incremento en la temperatura de aceite, hay motivos suficientes para pensar en un fallo inminente del motor. Reducir inmediatamente la potencia del motor y seleccionar un campo adecuado para realizar un aterrizaje forzoso. Utilizar sólo la potencia mínima requerida para alcanzar el lugar en el que se desea aterrizar.»

1.3.3. *Manual de mantenimiento del motor. Tabla de detección y corrección de fallos del sistema de lubricación*

En el capítulo 9.4 del manual de mantenimiento del motor figura una tabla de detección y corrección de fallos del sistema de lubricación, en la que se relacionan las causas probables y las acciones correctivas que deben realizarse en el caso de encontrar problemas relacionados con el sistema de lubricación.

En dicha tabla, se contemplan dos síntomas de posibles problemas en el sistema de lubricación: Indicación de alta temperatura de aceite e Indicación de baja presión de aceite.

En el caso de Indicación de baja presión de aceite, relaciona las causas probables y acciones correctivas que se exponen a continuación:

Causa probable	Acciones correctivas
Bajo suministro de aceite	Rellenar.
Viscosidad del aceite demasiado baja	Vaciar y rellenar con aceite del grado adecuado para la estación.
Espuma en el aceite debida a la presencia de sólidos alcalinos en el sistema	Vaciar y rellenar con aceite nuevo (puede ser necesario purgar el radiador si la presencia de sólidos alcalinos se debe a una limpieza previa con materiales alcalinos).
La bomba produce baja presión	Sustituir la bomba.
Funcionamiento incorrecto del indicador de presión	Comprobar el indicador. Limpiar los conductos. Sustituir si es necesario.
Muelle de la válvula de sobrepresión de aceite debilitado o roto	Sustituir el muelle. Ajustar la presión a 30-60 psi con el aceite a temperatura normal de funcionamiento.

1.5. Ensayos e investigaciones

1.5.1. *Entrevista con el piloto*

De la entrevista realizada al piloto de la aeronave, se desprende que pocos minutos después del primer despegue, con la aeronave a 4.000 ft de altitud, se produjo durante un momento un funcionamiento anormal del motor («rateo»), acompañado de una indicación de baja presión de aceite y de una indicación normal de temperatura de aceite; en estas circunstancias, decidió regresar al aeropuerto, aunque sin declarar emergencia por estar todo normal, excepto la indicación de presión de aceite. Para reducir el tiempo en el aire realizó la aproximación a la pista contraria a la que estaba en servicio, el aterrizaje fue normal y se dirigió al aparcamiento.

En contacto con su dirección de operaciones, comprobó que no había fugas de aceite, hizo un chequeo completo de la aeronave, exterior e interior, sin encontrar anomalías y realizó una prueba de motor con resultado satisfactorio. Despegó de nuevo y ascendió a 7.000 ft en la vertical del aeropuerto; comprobó que todas las indicaciones, incluida la de presión de aceite, eran normales y decidió continuar el vuelo de acuerdo con lo previsto inicialmente.

Tardaron unos 35 minutos en subir a 12.000 ft. Cuando los alcanzaron y se establecieron en crucero, tuvo la sensación de que el motor sonaba mal; comprobó todos los parámetros, modificó los ajustes de potencia pero el sonido le seguía

resultando extraño. La indicación de presión de aceite estaba baja, se fue a cero y después se puso en verde.

Con la altura que tenía y las condiciones de viento existentes, comprobó que le resultaría imposible regresar al aeropuerto de Badajoz; notificó su situación a dicho aeropuerto, declaró emergencia en la frecuencia de torre del mismo y, ante el ruido poco fino del motor, buscó un campo en el poder realizar un aterrizaje de emergencia. En el GPS le aparecía un campo de ultraligeros en Portugal que parecía a una distancia razonable, comprobó que tampoco llegaría a este y continuó buscando un campo, con un rumbo aproximado de entre 130° y 150°.

El motor seguía funcionando pero con baja potencia; de él le llegaba un ruido como si algo estuviera suelto internamente. Parecía «algo tocado» y no quiso forzarlo nada más.

Desde el lugar donde se encontraba pudo ver un descampado, de aproximadamente 1.500 m de largo, que consideró como el único sitio donde podría efectuar el aterrizaje. Tras realizar unas maniobras y ajustar el avión, lo configuró para el aterrizaje, se estableció en un rumbo hacia ese campo y aterrizó con normalidad en unos 400 m, a las 11:29 local, después de 44 minutos de vuelo. Inmediatamente informó del suceso al aeropuerto de Badajoz y a su dirección de operaciones.

Confirmó con el aeropuerto de Badajoz que los tres ocupantes de la aeronave, y el propio avión, estaban bien. Tomó fotografías y recopiló todos los datos que pudo del vuelo.

1.5.2. *Entrevista con el técnico sentado en el asiento delantero derecho*

Se entrevistó al técnico sentado en el asiento delantero derecho de la aeronave, con objeto de recabar información sobre las características de la operación que estaban realizando. Adicionalmente, proporcionó fotografías que había realizado de la aeronave y datos procedentes de los GPS que utilizan para registrar las trayectorias y puntos característicos de los vuelos que realizan; a partir de estos datos se han trazado las trayectorias de la aeronave representadas en las figuras 1 y 2.

Los dos técnicos que iban a bordo de la aeronave trabajaban para la empresa pública TRAGSATEC, y su trabajo consistía en la localización y seguimiento mediante equipos radioeléctricos de águilas imperiales marcadas con emisores de radio en la banda de 148 a 152 kHz. Con objeto de disponer de la mayor cobertura posible, los técnicos deben situarse en lugares suficientemente elevados; en zonas con grandes elevaciones del terreno pueden obtenerse resultados adecuados trabajando desde los puntos más elevados en tierra, mientras que en zonas con pocas elevaciones se obtienen mejores resultados trabajando desde aviones, que hacen las veces de «montañas artificiales». Para ello, se contratan vuelos con un operador aéreo y se instala el equipo necesario en las correspondientes aeronaves.

Para la realización de cada vuelo, los técnicos proponen la ruta a seguir y el operador aéreo determina las condiciones en que se puede realizar; una vez validada la información previa al vuelo, se realiza este manteniendo la mayor altitud de crucero posible. Cada técnico maneja un escáner de barrido; cuando se detecta la señal procedente de un ejemplar de águila imperial, se fija la frecuencia en los dos escáneres y se le sigue; las trayectorias y puntos característicos de los vuelos que realizan se registran en dos GPS que llevan, uno cada uno de los ellos.

1.5.3. Inspección de la aeronave y el motor

La aeronave se trasladó por carretera, con las alas desmontadas, al aeródromo de Casarrubios del Monte (Toledo – España), donde el operador tiene su base y dispone de un centro de mantenimiento autorizado Parte 145 con capacidad para hacer la revisión general de motores alternativos del tipo instalado en el avión.

Durante los días 4 y 5 de octubre de 2011 se inspeccionó la aeronave y se realizó un desmontaje e inspección del motor que tenía instalado.

Se comprobó que la célula y la hélice no tenían daños, y en la inspección exterior del motor y sus accesorios no se encontraron anomalías. La única evidencia de problemas en el motor era que la hélice, aunque no estaba bloqueada, sólo giraba en un arco de 25 a 30°.

Se comprobó que el nivel de aceite del motor estaba bien y se extrajo el aceite; este salió muy despacio, como si algo obstruyera la salida, y tenía mal aspecto. Se tomaron muestras para su análisis en el caso de que se considerara necesario.

Los accesorios y elementos exteriores del motor estaban en buen estado. Desmontando estos últimos, se encontraron las bujías bastante engrasadas, destacando las del cilindro nº 1, situado más atrás; la tubería de transmisión de presión al indicador en cabina estaba seca, cuando debería tener aceite.



Figura 5. Salida de aceite hacia el filtro

Había virutas en el filtro de aceite, y en la tapa de accesorios se encontraron virutas y un trozo de casquillo del cigüeñal en la salida de aceite hacia el filtro (véase figura 5).

Los dos cilindros posteriores, n.ºs 1 y 2, no se pudieron desmontar inicialmente, mientras que los otros cuatro, n.ºs 3 a 6, salieron bien; estos últimos presentaban buen aspecto general y síntomas de alta temperatura en sus respectivas válvulas de escape.

En la cabeza del pistón n.º 4 se encontró una pequeña marca producida por interferencia con la válvula de escape; en la del n.º 5 se encontró otra, producida por interferencia con la válvula de admisión.

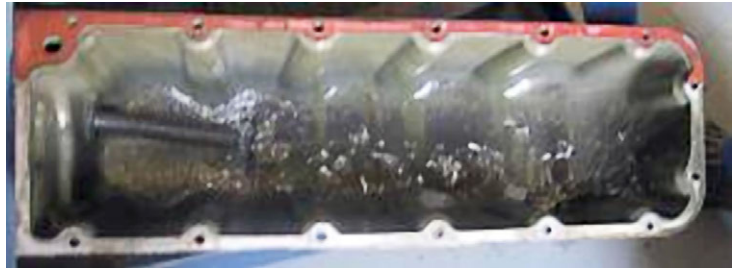


Figura 6. Virutas en el cárter inferior

En el cárter inferior se encontraron abundantes virutas metálicas (véase figura 6) y, cuando se separaron los semicárteres, se encontraron partidos el cigüeñal, por el contrapeso que une la muñequilla del cilindro n.º 2 y el apoyo n.º 2, y el árbol de levas, a la misma altura que el cigüeñal (véanse figuras 7 y 8). Con la rotura del contrapeso del cigüeñal se rompió también el conducto de lubricación existente en su interior.



Figura 7. Cigüeñal



Figura 8. Árbol de levas

Se comprobó que las faldas de los cilindros n.ºs 1 y 2 habían sido golpeadas, respectivamente, por las cabezas de biela n.ºs 1 y 2, y estaban deformadas impidiendo la salida normal de los dos cilindros de los semicárteres; en un nuevo intento, se consiguió desmontar el cilindro n.º 2 pero no así el n.º 1.

Finalmente, el cojinete n.º 2 del cigüeñal (segundo empezando por atrás) se había partido y salido de su alojamiento, y éste había girado directamente sobre sus apoyos en los semicárteres, produciendo en ellos fuertes deformaciones; el cojinete posterior y los dos cojinetes delanteros se mantenían en su lugar y presentaban características de haber girado el cigüeñal sobre ellos con una lubricación deficiente.

A la vista de los daños encontrados en el interior del motor, no se consideró necesario analizar las muestras de aceite que se habían tomado inicialmente.

1.5.4. Estudio de las roturas del cigüeñal y el árbol de levas

El cigüeñal y el árbol de levas se llevaron al Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial «Esteban Terradas» (INTA), para realizar el estudio de las roturas que presentaban.

Para cada componente, el estudio consistió en: Observación visual, análisis químico (mediante fluorescencia de rayos X), estudio macrofractográfico, observación

microscópica (con microscopio óptico y con microscopio electrónico de barrido de efecto de campo —MEB-EC—, equipado con microanalizador de dispersión de energías de rayos X —EDE— que permitió realizar análisis semicuantitativos), ensayo de dureza y estudio microfractográfico.

En los puntos siguientes se exponen las conclusiones obtenidas en dicho estudio.

1.5.4.1. Estudio de la rotura del cigüeñal

El material del cigüeñal corresponde a un acero aleado para herramientas del tipo E4340, según la norma ASTM A829/A829M-06.



Figura 9. Detalle de la rotura del cigüeñal

Considerando los valores de dureza obtenidos en la realización de un barrido desde la superficie al interior y el análisis químico de la capa externa, se deduce que el cigüeñal ha sido endurecido superficialmente mediante un proceso de nitruración. El espesor de la capa de nitrurado, que resulta de la observación microscópica, es de 10 micras aproximadamente, llegando a penetrar en el material 0,5 mm, según las medidas de dureza realizadas. Esta capa presenta un espesor uniforme en zonas próximas a la fractura.

Teniendo en cuenta la microestructura del cigüeñal, martensita revenida con algo de bainita, y su dureza, 331 HV1, el material se encuentra en un estado de temple y revenido, a una temperatura aproximada de entre 550-620 °C y presenta un grano cuyo tamaño oscila entre 8-8,5, que se ha determinado por el

método de comparación siguiendo la norma ASTM E112.

En la zona del radio de acuerdo entre el contrapeso y el apoyo del cigüeñal se aprecia la existencia de grietas en direcciones paralelas a la superficie de fractura, así como microgrietas en la capa de nitruración.

La observación del perfil de rotura del contrapeso revela que la superficie de fractura tiene un carácter transcristalino.

Atendiendo a los caracteres macro y microfractográficos, la rotura del contrapeso del cigüeñal se ha iniciado y propagado por un mecanismo de fatiga hasta la consumación de la rotura final por sobrecarga estática.

La zona de origen de la rotura se sitúa en la zona del radio de acuerdo del contrapeso con el apoyo, zona en la que se han observado diversas estrías periféricas. Esta zona de

inicio corresponde a una zona de la pieza en la que existe un factor de concentración de tensiones.

1.5.4.2. Estudio de la rotura del árbol de levas

El material del árbol de levas corresponde a un acero aleado de moldeo del UNS J22501 ($2^{1/2}$ Nickel grado B2N B2Q según la norma ASTM A757/A757M).

Examinando los valores de dureza obtenidos y el análisis químico de la capa externa en las levas, se concluye que éstas han sido endurecidas superficialmente mediante un proceso de cementación, presentando una capa de cementado de 1 mm de espesor aproximadamente.



Figura 10. Detalle de la rotura del árbol de levas

Teniendo en cuenta la microestructura del eje del árbol de levas, que es el que se ha fracturado, ferrita y perlita y en pequeña proporción ferrita acicular proeutectoide correspondiente a una ferrita Widmanstätten, y su dureza, 237 HV30 el material se encuentra en un probable estado de normalizado, y presenta un grano muy pequeño, cuyo tamaño es inferior a 10, que se ha determinado por el método de comparación siguiendo la norma ASTM E112.

Atendiendo a los caracteres macro y microfractográficos de la superficie de fractura del árbol de levas, la rotura se ha iniciado y propagado en dos frentes opuestos por el mecanismo de fatiga oligocíclica hasta la consumación final por sobrecarga estática.

La rotura del árbol de levas se ha producido por un estado de cargas anormal de funcionamiento. Este estado de solicitaciones corresponde a un estado de cargas puntuales de flexión, repetitivas, en dos zonas opuestas del eje.

Estas entradas de cargas anómalas observadas en la zona de rotura, muy probablemente, son debidas a contactos repetidos de uno de los contrapesos del cigüeñal una vez se ha producido la rotura del mismo.

1.5.4.3. Rotura del conjunto

Considerando todo lo expuesto en los apartados anteriores, la secuencia más probable en el fallo del sistema ha sido la rotura primaria del cigüeñal por un mecanismo de fatiga, impactando el contrapeso fracturado de forma repetitiva en el árbol de levas, lo cual se ha traducido en la rotura de su eje.

2. ANÁLISIS

2.1. Actuaciones del piloto

La aeronave despegó a las 09:11 h, y ocho minutos más tarde el piloto decidió regresar al aeropuerto de origen porque se había producido durante un momento un funcionamiento anormal del motor, acompañado de una indicación de baja presión de aceite y de una indicación normal de temperatura de aceite, que se mantuvieron después; a las 09:29 h aterrizó sin novedad. Hasta ese momento, su actuación estuvo de acuerdo con el procedimiento que figura en el manual de vuelo de la aeronave para la situación que se le presentó.

Después de realizar una serie de comprobaciones y una prueba de motor en tierra, despegó de nuevo a las 10:48 h y ascendió a 7.000 ft en la vertical del aeropuerto; una vez comprobado que todas las indicaciones, incluida la de presión de aceite, eran normales y decidió continuar el vuelo de acuerdo con lo previsto inicialmente.

Cabe reseñar que en las acciones realizadas entre el aterrizaje y el segundo despegue no intervino personal de mantenimiento, motivo por el que, salvo la comprobación del nivel de aceite, no se realizó ninguna acción de mantenimiento encaminada a determinar la posible causa de la indicación anormal y la acción correctiva que, en su caso, debería haberse realizado. En consecuencia, se considera que la aeronave no debería haber despegado de nuevo, por no haberse determinado el motivo de la indicación de baja presión de aceite, ni haberse corregido este.

Una vez establecidos en crucero, el piloto notó un sonido anormal del motor y que este perdía potencia; comprobó todos los parámetros y modificó los ajustes de potencia pero el sonido le seguía resultando extraño; la indicación de presión de aceite estaba baja, se había ido a cero y después se había puesto en verde, el motor seguía funcionando pero suministraba una potencia insuficiente y de él le llegaba un ruido como si algo estuviera suelto internamente.

En estas circunstancias, decidió realizar un aterrizaje de emergencia, eligió un campo adecuado para ello y aterrizó en él; la aeronave no sufrió daños y sus tres ocupantes resultaron ilesos.

2.2. Actuaciones del motor

El cigüeñal presentaba una rotura progresiva en uno de sus contrapesos, producida por un mecanismo de fatiga y que afectaba al conducto de lubricación existente en su interior.

La rotura del cigüeñal se inició en la zona del radio de acuerdo del contrapeso con el apoyo y fue avanzando paulatinamente hasta alcanzar dicho conducto de lubricación y dejarlo abierto al exterior del circuito de aceite del motor.

A partir del momento en que el circuito de lubricación del motor quedó abierto al exterior empezó a producirse una pérdida de presión de aceite en el mismo, que afectó a la lubricación general del motor, a la de los elementos situados aguas abajo de la rotura en mayor medida, y dio lugar a la correspondiente indicación en cabina de baja presión de aceite.

La rotura del contrapeso del cigüeñal siguió progresando hasta que se consumió por sobrecarga estática; a partir de ese momento, aunque siguió girando durante un breve período de tiempo, como evidencia el hecho de que el contrapeso roto impactó de forma repetitiva en el árbol de levas hasta romperlo, el motor dejó de funcionar correctamente y, en consecuencia, de entregar potencia.

2.3. Consideraciones sobre el origen de la rotura

En el origen de las grietas de fatiga no se observó ningún tipo de defecto metalúrgico ni indicios de corrosión, por lo que se considera que el desencadenante del proceso de fatiga fue puramente mecánico.

En este punto, cabe plantearse la posibilidad de que se hubiera podido detectar alguna de dichas grietas, en un estado incipiente, al inspeccionar el cigüeñal mediante ensayos no destructivos durante la última revisión general realizada al motor.

Teniendo en cuenta que, desde que se realizó dicha revisión hasta que se produjo el fallo del motor, habían transcurrido algo más de cinco años de calendario y prácticamente 900 h totales de funcionamiento del mismo, se considera poco probable que las grietas se hubieran iniciado y fueran detectables cuando se realizó la revisión general del motor.

3. CONCLUSIONES

El incidente se produjo por una pérdida de potencia del motor, debida a la rotura del cigüeñal por un mecanismo de fatiga, que obligó al piloto a realizar un aterrizaje de emergencia fuera de campo.

Debido a una indicación de baja presión de aceite, se había realizado previamente un aterrizaje precautorio y se había reanudado el vuelo sin haberse determinado el motivo de la indicación de baja presión de aceite, ni haberse corregido este.