Informe técnico
A-001/2021

Accidente ocurrido el día 12 de enero de 2021 a la aeronave SOCATA TB-10, matrícula EC-FTJ, operada por Adventia European Aviation College S.A., en el aeropuerto de Salamanca (España)

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.

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES, MOVILIDAD Y AGENDA URBANA
SUBSECRETARÍA
COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACIÓN CIVIL

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. 5.6 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 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.

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES, MOVILIDAD Y AGENDA URBANA
SUBSECRETARÍA
COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACIÓN CIVIL

INDICE

Advertencia ii
INDICE iii
ABREVIATURAS iv
Sinopsis 6
1. INFORMACION SOBRE LOS HECHOS 7
1.1. Reseña del accidente 7
1.2. Lesiones a personas 8
1.3. Daños sufridos por la aeronave 8
1.4. Otros daños 8
1.5. Información sobre el personal 8
1.6. Información sobre la aeronave 9
1.7. Información meteorológica 14
1.8. Ayudas para la navegación 14
1.9. Comunicaciones 14
1.10. Información de aeródromo 15
1.11. Registradores de vuelo 16
1.12. Información sobre los restos de la aeronave 19
1.13. Información médica y patológica 20
1.14. Incendio 20
1.15. Aspectos relativos a la supervivencia 21
1.16. Ensayos e investigaciones 22
1.17. Información orgánica y de dirección 26
1.18. Información adicional 27
1.19. Técnicas de investigación especiales 27
2. ANALISIS 28
2.1. Generación del fuego 28
2.2. Análisis del mantenimiento de la aeronave/directrices de mantenimiento de la aeronave. 33
2.3. Análisis de la gestión de la emergencia por parte del alumno piloto 34
3. CONCLUSION 35
3.1. Constataciones 35
3.2. Causas / Factores contribuyentes 35
4. RECOMENDACIONES 36
5. APÉNDICE: COMPONENTES Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE FRENOS 37

ABREVIATURAS

AEMET	Agencia Estatal de Meteorología
AESA	Agencia Estatal de Seguridad Aérea
CAMO	Organización de gestión de mantenimiento de la aeronavegabilidad (continuing airworthiness management organization)
CITAAM	Comisión para la Investigación Técnica de Accidentes de Aeronaves Militares
cm	Centímetro(s)
ft	Pie(s) – Foot (feet)
GMC	Control de movimientos en tierra (ground movement control)
GPS	Sistema mundial de determinación de la posición (global positioning system)
h	Hora(s)
hPA	Hectopascal
km	Kilómetro(s)
km/h	Kilómetros por hora
LH	Lado izquierdo (left hand)
m	Metro/s
MHz	Megahercio(s)
min	Minuto/s
mm	Milímetros(s)
NBR	Acrilonitrilo butadieno o caucho de nitrilo (nitrile butadiene rubber)
NOTAM	Aviso que contiene información relativa al establecimiento, condición o modificación de cualquier instalación aeronáutica, servicio, procedimiento o peligro cuyo conocimiento oportuno es esencial para el personal encargado de las operaciones de vuelo *(notice to airmen)*

QNH	Reglaje de la subescala del altímetro para obtener la elevación estando en tierra (reglaje de precisión para indicar la elevación por encima del nivel medio del mar)
RH	Lado derecho (right hand)
S.A.	Sociedad anónima
SSEI	Servicio de salvamento y extinción de incendios
TWR	Torre de control (tower)
VFR	Reglas de vuelo visual (visual flight rules)
UTC	Tiempo universal coordinado (coordinated universal time)

Informe técnico
A-001/2021

Propietario y Operador:	Propietario: Servicios y Estudios para la Navegación Aérea y la Seguridad Aeronáutica (SENASA) S.A.; Operador: Adventia European Aviation College S.A.
Aeronave:	SOCATA TB-10, matrícula EC-FTJ (España).
Fecha y hora del accidente:	12 de enero de 2021, 13:40 hora local[1].
Lugar del accidente:	Aeropuerto de Salamanca (España).
Personas a bordo:	1 (tripulación).
Tipo de operación:	Aviación general – vuelo de instrucción – solo.
Fase de operación:	Rodaje – rodaje desde pista.
Reglas de vuelo:	VFR.
Fecha de aprobación:	26 de enero de 2022.

Sinopsis

Resumen:

El día 12 enero de 2021 a las 12:56 h, la aeronave SOCATA TOBAGO TB 10 matrícula EC-FTJ, despegó del aeropuerto de Salamanca con un alumno piloto solo abordo. El propósito del vuelo era llevar a cabo un vuelo local de instrucción bajo reglas de vuelo visual.

A las 13:40 h, una vez completado el vuelo sin incidentes, el alumno piloto regresó al aeropuerto de Salamanca, aterrizando por la pista 03. Siguiendo las instrucciones de TWR, realizó un cambio de sentido en la pista para abandonarla por la calle de rodaje C5.

Cuando la aeronave se encontraba parada en el punto de espera de la calle de rodaje C5, el alumno piloto se percató a través de un mensaje por radio de que su aeronave estaba en llamas. Acto seguido, según su declaración, los frenos dejaron de funcionar y la aeronave comenzó a avanzar de forma descontrolada por la calle de rodaje C5, deteniéndose varios metros después.

Antes de que la aeronave se detuviera al final de la calle de rodaje C5, el alumno piloto la aseguró y saltó de ella en movimiento por su propia iniciativa, resultando ileso.

A consecuencia del incendio, la aeronave sufrió daños importantes en los siguientes elementos del lado izquierdo: freno, revestimiento del intradós del plano, neumático y pata y carenado del tren de aterrizaje principal. Además, también sufrió daños en el revestimiento ventral.

No ha sido posible determinar la causa del accidente.

No se han emitido recomendaciones de seguridad.

[1] Todas las horas en el presente informe están expresadas en hora local. Para obtener la hora UTC equivalente, se ha de restar 1 hora a la hora local.

1. INFORMACION SOBRE LOS HECHOS

1.1. Reseña del accidente

El día 12 enero de 2021 a las 12:56 h, la aeronave SOCATA TOBAGO TB 10 matrícula EC-FTJ, despegó del aeropuerto de Salamanca con un alumno piloto solo abordo. El propósito del vuelo era llevar a cabo un vuelo local de instrucción bajo reglas de vuelo visual.

Antes de despegar, el alumno piloto, según afirmó en la entrevista, llevó a cabo la inspección prevuelo, que incluyó la inspección visual de fugas de hidráulico en los frenos, sin advertir ninguna anormalidad en los mismos. Asimismo, tampoco se percató de ninguna anormalidad en la prueba funcional de estos durante el rodaje, ni durante el posterior despegue.

A las 13:40 h, una vez completado el vuelo sin incidentes, el alumno piloto regresó al aeropuerto de Salamanca, aterrizando por la pista 03.

Una vez en tierra, durante la carrera de aterrizaje, TWR dio instrucciones al alumno piloto para que hiciera un cambio de sentido en la pista para abandonarla por la calle de rodaje C5.

El alumno piloto siguió las instrucciones de TWR, haciendo un cambio de sentido a izquierdas, y se dirigió hacia al punto de espera de la calle de rodaje C5, donde detuvo la aeronave.

Cuando la aeronave se encontraba parada en el punto de espera de la calle de rodaje C5 (estando el alumno piloto accionando los frenos), el alumno piloto escuchó por radio un mensaje dirigido a TWR y emitido por el alumno piloto de una aeronave cercana a la suya, indicando que había observado fuego en la aeronave EC-FTJ. Como pudo observar más tarde el alumno piloto testigo, el fuego se había originado en la pata izquierda del tren de aterrizaje principal.

Al percatarse el alumno piloto de que se trataba de su aeronave (dado que hasta entonces no había percibido indicio alguno de que su aeronave estuviera en llamas) procedió a ponerse en contacto con Operaciones Adventia para solicitar instrucciones de cara a gestionar la emergencia.

Acto seguido, mientras el alumno piloto seguía manteniendo accionados los frenos, estos dejaron de funcionar y la aeronave comenzó a avanzar de forma descontrolada por la calle de rodaje C5. En ese momento, volvió a llamar a Operaciones Adventia y le indicaron que apagara motor, bomba y alternador. Acto seguido, llevó a cabo las instrucciones recibidas mientras empezaba a entrar humo de color negro en cabina.

Una vez efectuadas las instrucciones indicadas por Operaciones Adventia, el alumno piloto procedió a abandonar la aeronave por su propio pie mientras esta seguía en movimiento.

Momentos más tarde, la aeronave se detuvo por si misma al final de la calle de rodaje de C5, llegaron los bomberos y procedieron a sofocar el incendio.

Una vez extinguido el fuego y declarada la situación como controlada, la aeronave fue remolcada a un hangar para su custodia.

El alumno piloto resultó ileso.

1.2. Lesiones a personas

Lesiones	*Tripulación*	*Pasajeros*	*Total en la aeronave*	*Otros*
Mortales	-	-	-	-
Lesionados graves	-	-	-	-
Lesionados leves	-	-	-	-
Ilesos	1	-	1	-
TOTAL	1	-	1	-

1.3. Daños sufridos por la aeronave

A consecuencia del incendio, la aeronave sufrió daños importantes en el freno, en el neumático y en la pata y carenado del tren de aterrizaje principal izquierdo. Asimismo, a consecuencia del fuego, la aeronave también sufrió daños importantes en el revestimiento del intradós del plano izquierdo y en el revestimiento ventral.

1.4. Otros daños

No se produjeron otros daños.

1.5. Información sobre el personal

El día del suceso, el alumno piloto contaba con 20 años de edad y se encontraba realizando el curso de piloto para la obtención de la licencia de piloto de transporte de línea aérea, con la formación teórica ya superada.

Asimismo, estaba en posesión del reconocimiento médico de clase 1, en vigor hasta el 04-11-2021.

Hasta el momento del suceso, el alumno piloto tenía acumulada una experiencia total de vuelo de 25:35 h, todas ellas realizadas en la aeronave SOCATA TOBAGO TB10.

Asimismo, hasta la fecha del accidente, había volado como único ocupante de la aeronave 4 veces (2 vuelos de tráfico y 2 en el sector), sumando un total de 3 horas y 50 minutos.

En base al logbook del alumno, los últimos vuelos del alumno piloto fueron los siguientes:

- 03-12-20: vuelo con instructor.
- 22-12-20: vuelo solo.
- 12-01-21: vuelo solo.

1.6. Información sobre la aeronave

1.6.1. Aspectos generales sobre la aeronave

- Marca: SOCATA
- Modelo: TOBAGO TB10
- Año de fabricación: 1993
- Número de serie: 1573
- Masa máxima al despegue: 1150 kg.
- Tipo de motor: Lycoming O-360-A1AD
- Información relativa al operador: Adventia European Aviation College S.A.

La aeronave SOCATA TOBAGO TB10, matrícula EC-FTJ y número de serie 1573, es una aeronave monomotor de ala baja. Está equipada con un motor Lycoming O-360-A1AD, de cuatro tiempos, compuesto por cuatro cilindros opuestos dos a dos, y con una hélice bipala de paso variable Hartzell HC-C2YK-1BF.

El tren de aterrizaje es fijo de tipo triciclo. El freno es de tipo diferencial. Dispone de freno de estacionamiento.

La aeronave tiene una envergadura de 9,89 metros, una longitud de 7,75 metros y una altura de 3,02 metros.

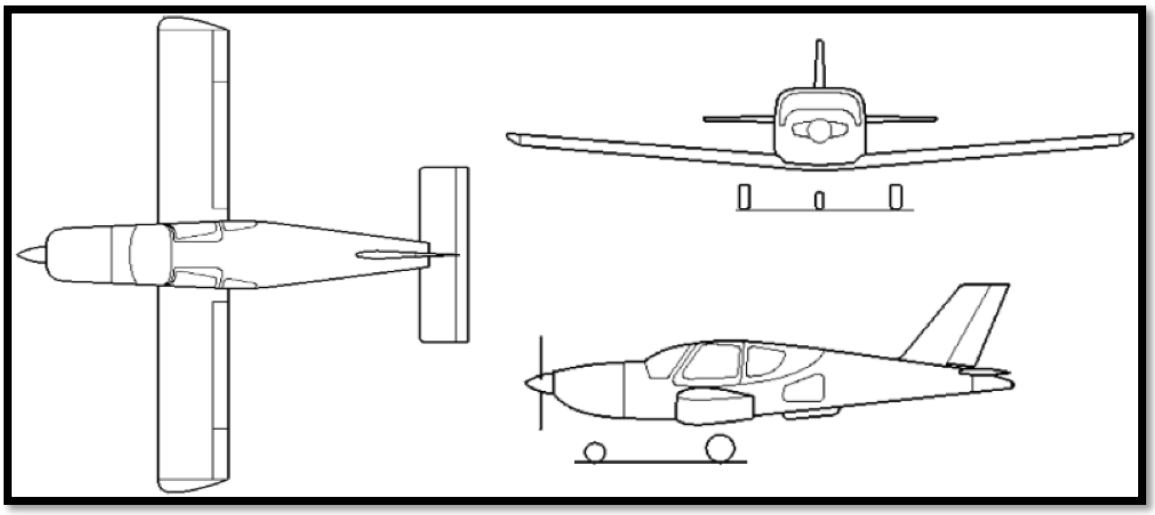


Figura 1: Vistas de la aeronave SOCATA TOBAGO TB 10.

En el momento del accidente, la célula tenía 10722 horas y 35 minutos de vuelo, y el motor contaba con 1048 horas y 35 minutos de funcionamiento desde la última revisión general.

La aeronave tenía el certificado de revisión de la aeronavegabilidad en vigor hasta el 21 de noviembre de 2021, y el de matrícula hasta el 30 de junio de 2022.

Los últimos vuelos de la aeronave fueron los siguientes:

- 15-12-2020: 2 vuelos, uno de alumno solo y otro de alumno con instructor.
- 11-01-2021: 1 vuelo con un alumno solo.
- 12-01-2021: 1 vuelo con un alumno solo (día del accidente).

1.6.2. Aspectos relacionados con los frenos de la aeronave

La aeronave SOCATA TOBAGO TB-10 dispone de un sistema de frenos hidráulico de tipo diferencial, el cual actúa sobre cada una de las dos ruedas del tren de aterrizaje principal de forma independiente, según se refleja en el esquema mostrado.

Como se puede observar en este esquema, las ruedas del tren de aterrizaje principal están equipadas con sendos frenos de disco. Los frenos son accionados por los pedales de la cabina, tanto del puesto de piloto como del puesto de copiloto. Al tratarse de frenos diferenciales, se pueden aplicar a cada una de las ruedas de forma independiente, de manera que se puede frenar la rueda izquierda, la rueda derecha o ambas a la vez.

La reducción de velocidad en la aeronave se consigue por medio de la fricción de unas pastillas con un disco que gira solidario a cada una de las ruedas. Cabe destacar que los frenos son iguales para el lado izquierdo y para el lado derecho, de manera que son intercambiables.

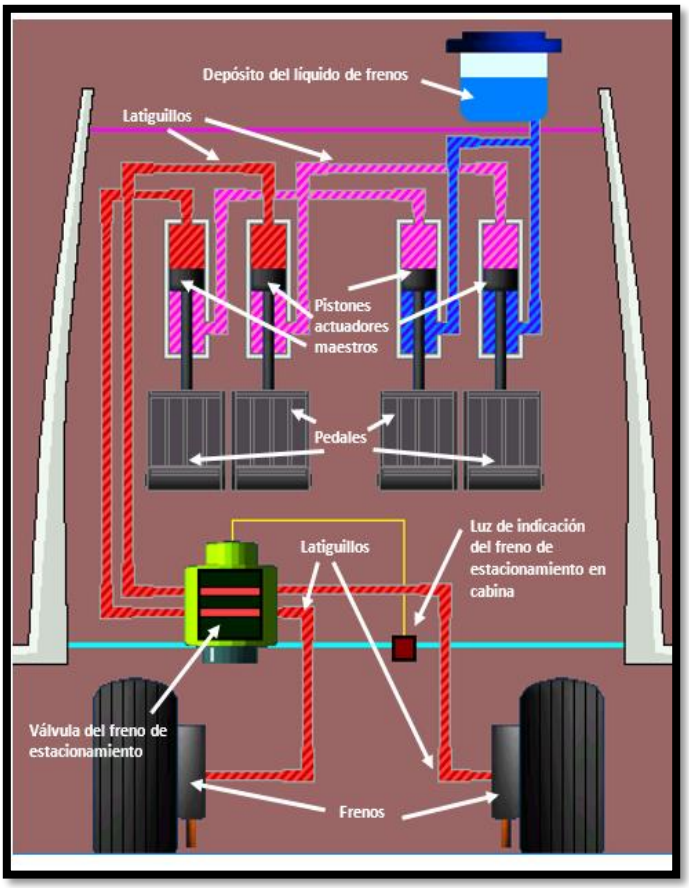
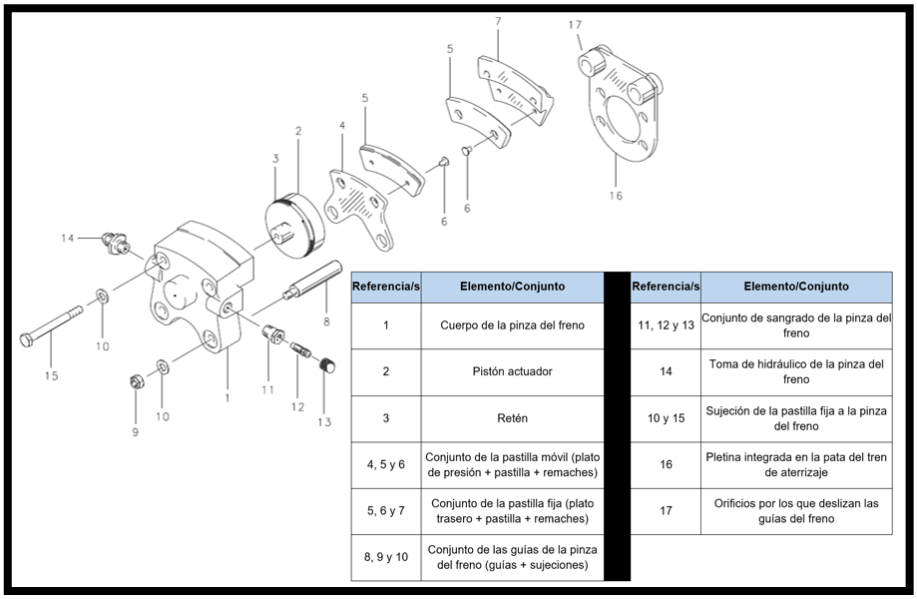


Figura 2: Esquema del sistema de frenos de la aeronave.

Una descripción esquemática de los frenos se ilustra en la siguiente figura:



Referencia/s	Elemento/Conjunto
1	Cuerpo de la pinza del freno
2	Pistón actuador
3	Retén
4, 5 y 6	Conjunto de la pastilla móvil (plato de presión + pastilla + remaches)
5, 6 y 7	Conjunto de la pastilla fija (plato trasero + pastilla + remaches)
8, 9 y 10	Conjunto de las guías de la pinza del freno (guías + sujeciones)

Referencia/s	Elemento/Conjunto
11, 12 y 13	Conjunto de sangrado de la pinza del freno
14	Toma de hidráulico de la pinza del freno
10 y 15	Sujeción de la pastilla fija a la pinza del freno
16	Pletina integrada en la pata del tren de aterrizaje
17	Orificios por los que deslizan las guías del freno

Figura 3: Esquema del freno de la aeronave.

En el apéndice contenido al final de este informe se explica con detalle cada uno de los componentes que forman parte del sistema de frenos, así como el funcionamiento del sistema, de cara a ayudar a la comprensión del esquema anterior y del presente informe.

1.6.3. Aspectos relacionados con el mantenimiento del sistema de frenos

En base a la información que el fabricante de la aeronave proporciona en el manual de mantenimiento, se debe llevar a cabo una serie de inspecciones programadas de mantenimiento sobre el sistema de frenos de la aeronave según los siguientes intervalos de tiempo[2]:

- 50 horas / 6 meses.
- 100 horas.
- 2000 horas.
- Anual.

Además, los latiguillos del sistema de frenos se definen por el fabricante como elementos de vida limitada, los cuales deben ser sustituidos una vez cumplido un tiempo dado por la fecha proporcionada por el fabricante y el tiempo que estos están almacenados hasta su instalación, independientemente del estado en el que se encuentren. Para estos latiguillos, dicho tiempo se mide en meses. En concreto, 60 o 120 meses, según el latiguillo en cuestión.

Por último, se tienen actuaciones de mantenimiento no programado (mantenimiento correctivo), por ejemplo, las derivadas de las anotaciones de defectos en el libro de vuelos de la aeronave.

En cuanto a las últimas inspecciones de mantenimiento programado realizadas a la aeronave, a los elementos con vida límite y al mantenimiento no programado, se tiene lo siguiente:

MANTENIMIENTO PROGRAMADO		
Tipo de revisión	**Fecha última revisión**	**Horas avión**
Revisión de 50 horas / 6 meses	20-11-2020	10689 h 00 min
Revisión de 100 horas + Revisión anual	07-10-2020	10638 h 45 min
Revisión de 2000 horas	30-08-2018	9872 h 35 min

En estas revisiones no se reflejó ninguna anormalidad en el sistema de frenos.

En cuanto a los latiguillos con vida limitada:

ELEMENTOS CON VIDA LÍMTE		
ITEM	**Fecha última sustitución**	**Vida límite**
Hose - brake system	26-02-2016	60 meses
Hose - Copilot brake master cylinder	26-02-2016	120 meses
Hose brake - systemPistonL	30-04-2013	120 meses
Hose brake - systemTank	30-04-2013	120 meses

Por último, en cuanto al mantenimiento no programado, en base a los registros del libro de vuelos de la aeronave, no constaba ninguna incidencia relacionada con el sistema de frenos en el mes anterior al suceso.

Asimismo, se comprobó que la aeronave no tenía ningún diferido el día del suceso.

Respecto a los componentes de los frenos, se indican las últimas sustituciones llevadas a cabo en el sistema de freno izquierdo y en el derecho:

[2] Sólo se consideran aquellas revisiones programadas que implican la revisión de elementos del sistema de frenos.

LADO IZQUIERDO	
ITEM	**ÚLTIMA SUSTITUCIÓN**
Pastillas LH	05-10-2020
Disco LH	25-02-2020
Pinza freno LH	Anterior a 2014[3]

LADO DERECHO	
ITEM	**ÚLTIMA SUSTITUCIÓN**
Pastillas RH	05-10-2020
Disco RH	25-02-2020
Pinza freno RH	23-10-2020

Tal y como se puede observar, pastillas y disco se cambiaron en las mismas fechas tanto en un lado como en el otro.

Además, se solicitaron datos de las reparaciones llevadas a cabo en los últimos dos años en el sistema de frenos LH y RH, comprobando que no ha existido ninguna reparación reseñable en el lado izquierdo respecto al derecho. Además, los cambios de pastillas de freno tanto del lado LH como del lado RH obedecían a frecuencias normales de cambio (comparadas con otras matrículas de la misma flota).

Respecto a las directrices de mantenimiento programado especificadas por el fabricante de la aeronave para la revisión del sistema de frenos que contempla el manual de mantenimiento, en relación al freno se establece lo siguiente:

En la revisión anual y de 50 y 100 horas:

- *Inspeccionar visualmente la condición y la sujeción del sistema de frenos, así como el desgaste de las pastillas y del disco.*

En la revisión de 2000 horas:

- *Extraer e inspeccionar concienzudamente la condición y la sujeción del sistema de frenos, así como el desgaste de las pastillas y del disco; buscar grietas en el freno y en el plato de presión. Instalar el sistema de frenos (ver 32-42-02 201 del manual de mantenimiento).*

En relación del punto 32-42-02 201 mencionado, se dan las pertinentes instrucciones de montaje y desmontaje del freno de la aeronave, y en lo relativo a la inspección, solo menciona comprobar el estado de las pastillas y del disco y comprobar si hay fugas de hidráulico.

Por otro lado, se tienen las directrices de mantenimiento establecidas por el fabricante del freno en el documento AWBCMM0001 (edición 24, de noviembre de 2019), contemplado para complementar la información de mantenimiento proporcionada por el fabricante de la aeronave a la hora de definir qué tareas se han llevar a cabo y la forma correcta de ejecutarlas. En este documento hay dos apartados principales: inspección *"on aircraft"* e inspección *"off aircraft"*.

Respecto a las instrucciones de inspección y posterior montaje del freno de la aeronave en la inspección *"on aircraft"* cabe destacar lo siguiente:

- *Comprobar la holgura del ajuste de las guías de la pinza de freno en los orificios de la pletina de la pata del tren de aterrizaje. Esto puede ser llevado a cabo sujetando firmemente la pinza del freno y moviéndolo. Un leve movimiento es normal. Un movimiento excesivo es motivo para extraer la pinza del freno e inspeccionarla en detalle.*

[3] Cabe destacar que la pinza de freno es un elemento *on condition,* de manera que se comprueba su estado en cada inspección programada. Solo se cambia en caso de que no esté en condiciones aptas para el servicio.

- *Deslizar el plato de presión con la nueva pastilla por la guía de la pinza de freno e instalar la pinza de freno en la pletina del tren de la pata del tren de aterrizaje. Lubricar las guías de la pinza de freno con un lubricante seco. El lubricante seco a usar vendrá dado en función del entorno (húmedo o seco). NO UTILIZAR GRASA O ACEITE. Estos lubricantes pueden atraer suciedad y aumentar el desgaste de las guías de la pinza de freno.*

Respecto a las instrucciones de inspección y posterior montaje del freno de la aeronave en la inspección “off aircraft” cabe destacar lo siguiente:

- *Inspeccionar si existe corrosión o suciedad en los orificios de la pletina de la pata del tren de aterrizaje. En caso de existir, limpiar con esmeril y aplicar una ligera capa de lubricante seco. NO UTILIZAR GRASA O ACEITE. Tener cuidado a la hora de quitar la corrosión para evitar arrancar material de los orificios de la pletina de la pata.*

- *Comprobar si existen escalones en los orificios de la pletina de la pata, lo cual indica que existe un agarrotamiento severo de las guías de la pinza de freno en los orificios de la pletina de la pata. Si existen daños en los orificios de la pletina de la pata, se debe cambiar la pletina de la pata.*

- *Instalar la pinza de freno en la pletina de la pata deslizando las guías de la pinza del freno por los orificios de la pletina de la pata. Se debe aplicar un lubricante seco a las guías de la pinza de freno y a los orificios de la pletina de la pata del tren para ayudar en el deslizamiento de las guías por los agujeros de la pletina. El lubricante seco a usar vendrá dado en función del entorno (húmedo o seco). Se debe tener cuidado de que el lubricante no entre en contacto con el material abrasivo de las pastillas. Para optimizar la vida útil de los frenos, la pinza debe deslizar suavemente por la pletina de la pata del tren.*

1.6.4. Aspectos relacionados con la inspección prevuelo de la aeronave

Antes de cada vuelo, el piloto ha de llevar a cabo una revisión prevuelo de la aeronave.

En particular, la escuela de vuelo Adventia establece en sus manuales que los tripulantes tienen la obligación ineludible de efectuar la revisión exterior con la precisión y meticulosidad que viene descrita en el apartado “Normal Procedures. Exterior Safety Inspection” de cada flota.

En relación al sistema de frenos, las tareas contenidas en los procedimientos del operador que se han de acometer en la inspección prevuelo son:

- Comprobar que no hay fugas de hidráulico en los frenos.
- Comprobar que los frenos funcionan correctamente al iniciar el rodaje.

Se ha comprobado que en el manual de vuelo de la aeronave no existe ninguna tarea en la inspección prevuelo en relación a la comprobación del estado de los frenos. Sólo contempla una prueba operacional de los frenos al inicio del rodaje.

1.7. Información meteorológica

De acuerdo con la información proporcionada por la AEMET, a escala sinóptica y en niveles medios/altos, la situación del 12 de enero de 2021 estaba caracterizada por una amplia circulación anticiclónica sobre el Atlántico, una vez que la borrasca Filomena se había alejado al Mediterráneo oriental, permitiendo la entrada progresiva del anticiclón, generalizándose la estabilidad.

Por otro lado, el informe METAR proporcionado por el aeropuerto a la hora más próxima a la que ocurrió el accidente proporcionaba la siguiente información:

Hora y fecha	12 de enero de 2021, 12:30 UTC.
Viento	4 nudos de velocidad. Ángulo de incidencia predominante de 80º.
Visibilidad	Visibilidad mayor a 10 km y sin nubes por debajo de la altura de referencia.
Temperatura	0 ºC.
QNH	1030 hPA.
Punto de rocío	-4 ºC.

1.8. Ayudas para la navegación

No aplicable.

1.9. Comunicaciones

El aeropuerto de Salamanca es un aeropuerto controlado en el que se utiliza la frecuencia 118.100 MHz para las comunicaciones con TWR y la frecuencia 121.850 MHz para el control de movimientos en tierra (GMC).

Para llevar a cabo la investigación, se recabaron, por un lado, las comunicaciones realizadas entre la TWR de Salamanca, la aeronave involucrada en el suceso y la aeronave del alumno piloto testigo, y, por otro lado, las comunicaciones realizadas entre GMC y los servicios de emergencia.

Las comunicaciones anteriores fueron proporcionadas por el Ejército del Aire a través de la CITAAM.

A continuación, se muestran los extractos más relevantes de las mismas:

- <u>Comunicaciones de la TWR:</u>

- 13:40:05: El alumno piloto notificó que se encontraba en final.
- 13:41:58: El controlador autorizó al alumno piloto a hacer un cambio de sentido en pista y dirigirse a la calle de salida C5.
- 13:45:30: El alumno piloto testigo alertó del fuego al controlador. En la comunicación de alerta indicó que, a la aeronave que acababa de salir de la pista por el lado de la cabecera 03, le estaba saliendo fuego del plano izquierdo.
- 13:46:18: El controlador colacionó todo lo anterior y comunicó al alumno piloto testigo que procedía a activar al SSEI.

- <u>Comunicaciones GMC:</u>

- 13:47:36: El controlador da instrucciones al SSEI, instándoles a que se dirigieran a la cabecera de la pista 03 por aeronave con fuego en una rueda, recibiendo de forma instantánea confirmación por parte del SSEI.
- 13:53:54: El SSEI comunica la extinción del fuego y la situación controlada a TWR.

No se ha podido tener acceso a las comunicaciones efectuadas entre el alumno piloto, el alumno piloto testigo y el SSEI con Operaciones Adventia porque estas comunicaciones no se graban.

1.10. Información de aeródromo

El aeropuerto de Salamanca está situado a unos 15 km al este de la ciudad de Salamanca. Su elevación sobre el nivel del mar es de 2595 ft (791 m).

El aeropuerto tiene una pista de asfalto designada como 03-21, de 2513 m de longitud y 60 m de ancho. Dispone, asimismo, de una pista cruzada designada como 08-26 para uso exclusivo militar.

El aeropuerto dispone de una plataforma civil y otra militar.

En cuanto al SSEI para las aeronaves civiles, el aeropuerto de Salamanca dispone de un nivel de protección SSEI 5, pudiendo disponer de un nivel de protección SSEI 6 y 7 previa solicitud.

La base civil del SSEI se encuentra al sur del aeropuerto, cerca de la cabecera de la pista 03.

El día del accidente había activados varios NOTAMs en relación a unas obras que se estaban llevando a cabo en el aeropuerto y que implicaban el cierre de algunas calles de rodaje.

En la siguiente imagen se puede observar el aeropuerto y las zonas cerradas por obras el día del accidente:

Figura 4: Aeropuerto de Salamanca.

1.11. Registradores de vuelo

La aeronave no estaba equipada con registrador de datos de vuelo o registrador de la voz en el puesto de pilotaje por no exigirlo la reglamentación aeronáutica pertinente.

No obstante, se ha tenido acceso a los datos de un GPS que registró el vuelo llevado a cabo por el alumno piloto. Estos datos fueron procesados en el laboratorio, obteniendo los resultados que se muestran a continuación.

En base a los datos obtenidos del GPS, la aeronave despegó a las 12:56 h del aeropuerto de Salamanca por la pista 03, efectuó un vuelo recorriendo localidades aledañas y a las 13:40 h aterrizó en el aeropuerto de Salamanca por la misma pista.

A continuación, se procede a explicar con detalle la traza GPS desde que la aeronave aterrizó en el aeropuerto hasta la llegada del SSEI al lugar del accidente.

En la siguiente imagen se muestra de forma esquemática el recorrido que siguió la aeronave en el aeropuerto desde que aterrizó:

Figura 5: Traza GPS del aterrizaje y posterior rodaje.

A continuación, se procede a explicar de forma detallada cada una de las fases:

1- <u>La aeronave aterrizó por la pista 03 del aeropuerto de Salamanca y rodó por la pista:</u>

Una vez que la aeronave tomó tierra, en base a la traza GPS, rodó por la pista durante 1 minuto y 10 segundos recorriendo unos 987 metros aproximadamente.

Cabe destacar que, en la entrevista, el alumno piloto afirmó que durante esta etapa no accionó los frenos, dejando que la aeronave se fuera frenando por sí misma durante la carrera de aterrizaje, pues era consciente de que había obras en el aeropuerto que impedían abandonar la pista 03 por las primeras calles de salida.

2- <u>La aeronave realizó un cambio de sentido en la pista:</u>

Siguiendo las instrucciones de TWR, el alumno piloto realizó un cambio de sentido en la pista. En base a la traza GPS, el cambio de sentido fue a izquierdas y cerrado, tal y como se observa en la siguiente figura:

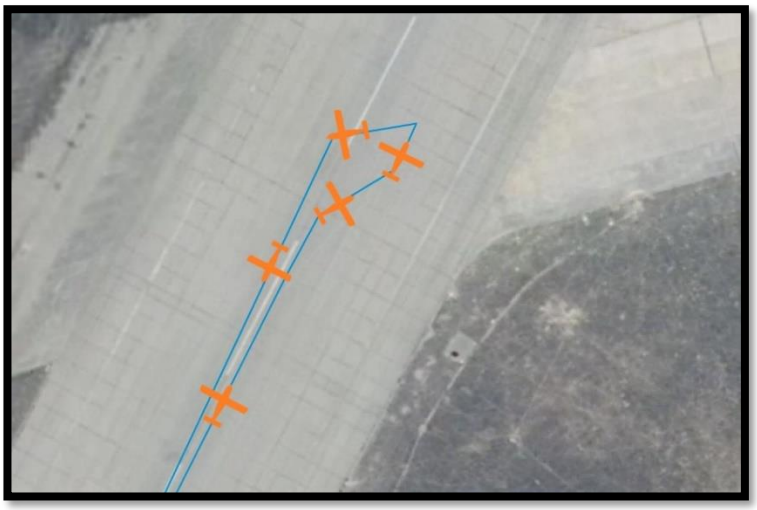


Figura 6: Cambio de sentido.

3- <u>La aeronave rodó de vuelta por la pista:</u>

En base a la traza GPS, la aeronave rodó de vuelta por la pista durante 1 minuto y 40 segundos, recorriendo aproximadamente unos 1150 metros, hasta llegar al punto de espera de la calle de rodaje C5, tal y como se puede ver en la figura. En base a lo anterior, la velocidad media en esta fase de rodaje fue de unos 40 km/h.

Cabe destacar que, en la entrevista, el alumno piloto afirmó que al llegar al punto de espera de la calle de rodaje C5, se detuvo accionando los frenos para reportar abandono de pista.

Figura 7: Llegada a C5.

4- <u>Espera en el punto de espera de C5:</u>

En base a la traza GPS, la aeronave estuvo parada en el punto de espera de la calle de rodaje C5 durante aproximadamente 1 minuto y 15 segundos.

Cabe destacar que, en la entrevista, el alumno piloto afirmó que, durante ese tiempo, mantuvo los frenos accionados, sin notar ningún malfuncionamiento en los mismos.

Mientras esperaba en el punto de espera de C5 con los frenos accionados, el alumno piloto señaló que oyó un mensaje por radio indicando que la aeronave EC-FTJ tenía fuego. Este mensaje fue emitido por parte del alumno piloto de la aeronave que se encontraba en el apartadero de espera de la calle de rodaje C5, esperando a que el alumno piloto de la aeronave EC-FTJ abandonara la pista para proceder al despegue.

Figura 8: Espera en C5.

5- <u>La aeronave se movió de forma descontrolada por la calle de rodaje C5 y se detuvo en el extremo de esta:</u>

En base a la traza GPS, transcurridos aproximadamente 1 minuto y 15 segundos desde la parada de la aeronave en el punto de espera de la calle de rodaje C5, la aeronave se movió en línea recta unos 80 metros hasta detenerse por completo en el extremo de la calle de rodaje C5, donde momentos más tarde fue atendida por el SSEI.

Cabe destacar que, en la entrevista, el alumno piloto afirmó que, mientras estaba gestionando la emergencia, notó como se soltaban los frenos, y al accionarlos ya no respondían. En consecuencia, la aeronave empezó a moverse hacia delante de forma descontrolada hasta que se detuvo por sí misma.

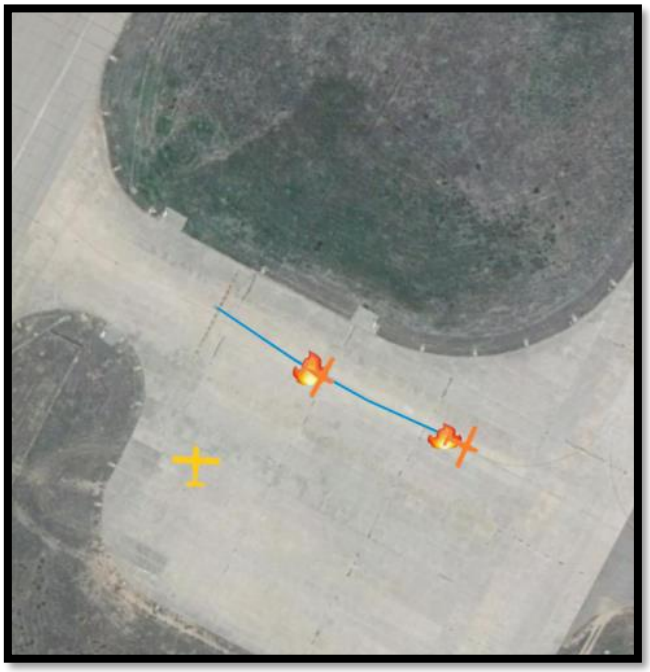


Figura 9: Rodaje incontrolado por C5.

1.12. Información sobre los restos de la aeronave

La aeronave se encontraba detenida al final de la calle de rodaje C5, aproximadamente a unos 80 metros del punto de espera, cuando los bomberos llegaron para sofocar el incendio.

Una vez sofocado el fuego por los bomberos, se desmontó el carenado de la rueda izquierda, dado que había una parte de éste que estaba atascada en la rueda, impidiendo el remolcado de la aeronave.

Figura 10: Situación de la aeronave tras el accidente.

Acto seguido, la aeronave fue remolcada a un hangar y se procedió a su custodia hasta la llegada del equipo investigador.

Ya en el hangar, se observaron daños importantes en los frenos, en el neumático y en la pata y carenado del tren de aterrizaje principal izquierdo.

Asimismo, la aeronave también sufrió daños importantes en el revestimiento del intradós del plano izquierdo y en el revestimiento ventral.

El resto de la aeronave mantenía su estructura y características intactas, sin mostrar daños aparentes.

Figura 11: Aeronave EC-FTJ tras el accidente.

Una descripción más detallada de los daños se incluye en el punto 1.16.

1.13. Información médica y patológica

No se encontró prueba de que la actuación del alumno piloto se haya visto afectada por factores fisiológicos o incapacitantes.

1.14. Incendio

Una vez que la aeronave aterrizó en el aeropuerto, en algún momento durante la posterior carrera de aterrizaje y rodaje hacia la plataforma civil del aeropuerto, se declaró un incendio en el freno de la pata izquierda del tren principal de aterrizaje de la aeronave, el cual se propagó provocando daños importantes en otros elementos de la aeronave.

La primera constancia del incendio se tiene sobre las 13:45 h, con la aeronave detenida en el punto de espera de la calle de rodaje C5, cuando el alumno piloto testigo informó a la TWR de que la aeronave EC-FTJ tenía fuego, tras observar, en base a lo escuchado en las grabaciones, que le estaba saliendo fuego del plano izquierdo.

Asimismo, el alumno piloto testigo afirmó en la entrevista que, mientras la aeronave estaba detenida en el punto de espera de la calle C5, apreció como el fuego aumentaba y como la aeronave comenzó a moverse hacia adelante en línea recta, momento en el cual pudo apreciar que el fuego provenía del freno izquierdo.

Cuando los bomberos llegaron al lugar del accidente, la aeronave se encontraba parada con el tren izquierdo en llamas y con el incendio evolucionando hacia el plano.

El primer vehículo en llegar a la aeronave empezó a lanzar agua y espuma con el monitor principal. Una vez reducidas las llamas con esta intervención, se dejó de lanzar con el monitor principal y se finalizó la extinción con la devanadera. Una vez extinguido el fuego, se continuó actuando con la devanadera para enfriar el plano, la pata y la rueda y el carenado de ésta, al persistir algo de brasa.

A las 13:53 h los bomberos comunicaron a TWR que el fuego había sido extinguido y que la situación estaba bajo control.

Para atender la emergencia, se activaron 4 unidades del SSEI (ROJO 6, ROJO 7, ROJO 9 y ROJO 10), de las cuales, en base al parte del SSEI, solo 2 actuaron en la extinción del incendio (ROJO 9 y ROJO 10), operadas por un jefe de dotación y dos bomberos.

En relación al incendio, cabe destacar que ni el alumno piloto ni los bomberos en sus respectivas entrevistas identificaron el olor a quemado con el característico del fuego eléctrico ni fuego por combustible.

1.15. Aspectos relativos a la supervivencia

Una vez que el alumno piloto testigo se percató de la existencia de fuego en la aeronave EC-FTJ, trató de contactar con TWR, pero no lo consiguió al estar la frecuencia ocupada por otro piloto, por lo que, en su lugar, llamó a Operaciones Adventia para informar de la situación.

Después de informar a Operaciones Adventia, volvió a intentar contactar con TWR, esta vez con éxito, informando de acuerdo con lo expresado en el punto 1.9.

Como resultado, el controlador activó al SSEI, y, alrededor de las 13:46 h, les dio las instrucciones oportunas.

En paralelo, tras el aviso del alumno piloto testigo a Operaciones Adventia, estos se pusieron en contacto con el SSEI alrededor de las 13:46 h, informándoles de la situación. En base al parte del SSEI, en dicha llamada les informaron de que había una avioneta de Adventia con problemas detenida en el punto de espera de la pista 03, refiriendo humo en motor, sin declararse emergencia aún.

Cuando los bomberos llegaron al lugar del suceso, observaron como el alumno piloto abandonaba la aeronave y se alejaba de ella a la carrera.

El tiempo de respuesta del SSEI fue, en base al informe de actuación, de 1 minuto y 10 segundos.

En relación a la gestión de la emergencia por parte del alumno piloto, nada más oír por radio el mensaje de que su aeronave estaba en llamas, llamó a Operaciones Adventia para ver cómo proceder, pues según afirmó en la entrevista, no disponía de ningún procedimiento de emergencia para fuego en tren durante el rodaje.

Señaló que, en un primer momento, le indicaron desde Operaciones Adventia que cortara mezcla.

Segundos más tardes, empezó a entrar humo negro en cabina, y volvió a llamar a Operaciones Adventia, y le indicaron que apagara motor, bomba y alternador.

Tras llevar a cabo las anteriores instrucciones para asegurar la aeronave, el alumno piloto la abandonó por su propio pie cuando aún estaba en movimiento, resultando ileso. Unos segundos después vio cómo la aeronave se detenía por sí misma.

En la entrevista, el alumno piloto aseguró estar formado y conocer de memoria los procedimientos de emergencia, pero no tenía recursos para manejar esta situación concreta.

1.16. Ensayos e investigaciones

Se llevó a cabo el desmontaje e inspección de varios de los elementos del sistema de freno de la aeronave, tanto del lado izquierdo (lado donde se originó el incendio) como del lado derecho (para poder comparar dichos elementos con los del lado izquierdo).

Se exponen a continuación los hallazgos más relevantes:

1. Respecto a los elementos del lado izquierdo:

   a) En relación a las pastillas de freno y los platos que las contienen:

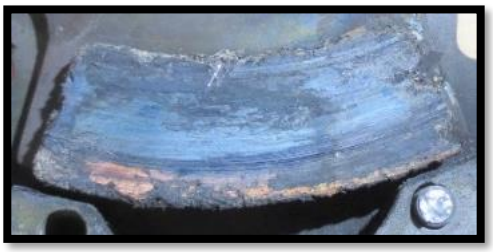


Figura 12: Pastilla móvil tras el accidente.

Figura 13: Pastilla fija tras el accidente.

- Se comprobó que las pastillas de freno LH tenían un desgaste y una degradación excesiva en toda su superficie. Se encontraban muy dañadas y parcialmente carbonizadas, con pérdidas de material y adherencia de otros materiales, manifestada por trazas de color naranja.
- Se comprobó que existía cierta dificultad para sacar el plato de presión (el cual contiene la pastilla móvil) de la pinza del freno, debido a que se atascaba en las guías de esta.
- Se comprobó que el plato trasero (el cual contiene la pastilla fija) estaba considerablemente deformado, y que el plato de presión estaba ligeramente deformado.

   b) En relación a la pinza de freno:

Figura 14: Pinza del freno tras el accidente.

- No se apreció ninguna obstrucción en el conducto de hidráulico que transcurre por dentro de la pinza del freno hasta el pistón actuador.
- Se comprobó que el pistón actuador no estaba agarrotado en el interior del cilindro, pudiéndose mover libremente.
- No se encontró rastro del retén del pistón actuador.
- Al extraer la pinza, se comprobó que existía dificultad en el deslizamiento de las guías de esta por los orificios de la pletina de la pata del tren de aterrizaje.

Debido al hecho anterior, se midió con un calibre la distancia entre las dos guías en la base y en el extremo de estas. Como resultado, se comprobó que había una diferencia relevante entre ambas medidas, lo cual conlleva que las guías no sean del todo paralelas y exista cierta conicidad entre ellas.

c) En relación al disco del freno:

- Se observó en ambas caras del disco del freno LH profundos surcos y material fundido adherido a la superficie del disco, consistente en restos de material de color naranja.

Figura 15: Disco del freno tras el accidente.

d) En relación a los pistones actuadores maestros:

- Los pistones actuadores maestros del puesto de copiloto de la aeronave se encontraron según la figura. Se puede apreciar que en el del lado izquierdo las espiras del muelle de retorno están algo más juntas que en el lado derecho.

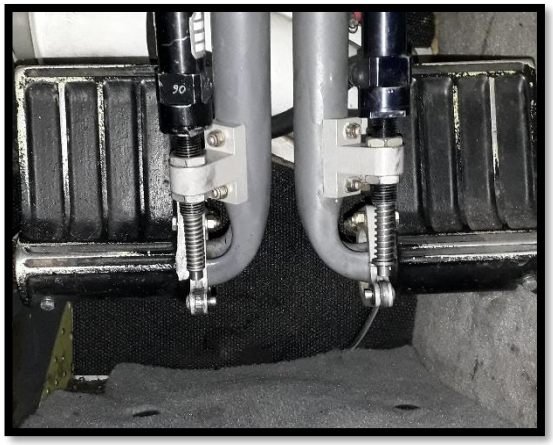


Figura 16: Pistones actuadores maestros de los pedales del freno del copiloto.

- Se desmontaron y se inspeccionaron los pistones actuadores maestros del pedal izquierdo, tanto del puesto del piloto como del puesto del copiloto, comprobándose que, si bien su accionamiento era un poco duro, retornaban a su posición natural, no apreciando ningún tipo de malfuncionamiento.

e) En relación al neumático:

- Se comprobó que el neumático LH había sufrido una degradación uniforme en su cara interna. No presentaba roturas y tenía presión. No se observaron rozaduras en la banda de rodadura.

Figura 17: Neumático tras el accidente.

f) En relación a los latiguillos:

- Se observó que, del latiguillo que une la pinza del freno con el circuito de hidráulico, solamente quedaba:
  · En el extremo que lo une al freno, el racor de unión,
  · En el otro extremo, un pequeño fragmento de latiguillo y su respectivo racor de unión.

  El resto del latiguillo se había quemado. Se comprobó que ambos racores estaban apretados. En el racor que va unido al freno se observaron restos de goma en el interior del mismo.

g) En relación al carenado de la rueda:

- Se observó que la parte del carenado que resultó más quemada fue la parte interior trasera, quedando la parte exterior y delantera del carenado intactas.

h) En relación a los orificios de la pletina de la pata del tren por donde deslizan las guías de la pinza del freno:

- Se observó la existencia de corrosión en la superficie interior de los orificios. Se observó también una pérdida de material en forma de surcos escalonados.

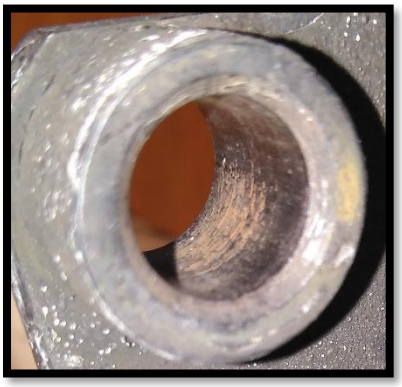


Figura 18: Detalle orificio pata.

2. <u>Respecto a los elementos del lado derecho:</u>

a) En relación a las pastillas del freno:

- Las pastillas de freno RH estaban en unas condiciones aceptables (aproximadamente, con un desgaste del 25%).

b) En relación al disco de freno:

- El disco de frenos RH contaba con un desgaste dentro de los límites normales de trabajo.

c) En relación a los latiguillos:

- Se comprobó que el latiguillo RH que comunica la pinza de freno con el circuito de hidráulico no había sufrido daños y que había liquido hidráulico en su interior.

d) En relación a la pinza de frenos:

- Se observó que había liquido hidráulico en el interior de la pinza.

- Se comprobó que las guías de la pinza derecha deslizaban con suavidad por los orificios de la pletina de la pata RH del tren de aterrizaje.

Además, se llevaron a cabo otra serie de inspecciones que se consideraron de interés para la investigación:

- Se comprobó que el depósito del líquido hidráulico del sistema de frenos estaba vacío.
- Se comprobó que no había pérdidas de combustible en el depósito del plano izquierdo.

1.17. Información orgánica y de dirección

a) En relación al operador:

Adventia European Aviation College, S.A. es una organización de formación aprobada por AESA con autorización E-ATO-230 firmada el 8 de noviembre de 2018 (Rev. Nº 6).

En el documento de la organización *TB 10 - procedimientos de emergencia* se contemplan los siguientes procedimientos de emergencia relacionados con el fuego (que son los mismos procedimientos de emergencia que contempla el manual de vuelo de la aeronave):

- Fuego en el motor durante el arranque.
- Fuego en el ala.
- Fuego en el motor en vuelo.
- Fuego en cabina.
- Fuego eléctrico en vuelo.

En cada una de ellas se señalan las acciones que son necesarias llevar a cabo para proteger la aeronave y sus ocupantes de un peligro potencial.

Asimismo, en el manual de formación, se indica que con anterioridad a un vuelo solo, el alumno deberá haber alcanzado un nivel satisfactorio de actuación en procedimientos de emergencia y que, para poder mantenerse familiarizado con dichos procedimientos, después de completar la parte de entrenamiento previa al vuelo solo, el alumno realizará procedimientos de emergencia simulados durante el briefing pre-vuelo o post-vuelo de todos los vuelos de instrucción en doble mando donde se especifica.

Estos vuelos de instrucción son los correspondientes a las misiones 9, 11, 13, 16, 22 y 25.

Respecto al mencionado manual de formación, también cabe destacar:

- En la misión 11 se contempla la ejecución de simulacros de emergencia en caso de fuego en tierra y en vuelo.

- En la misión 13 (*first solo flight progress check*), de preparación al primer vuelo solo, uno de sus objetivos es la de comprobar que el alumno piloto se sabe los procedimientos de emergencia de memoria.

- En la misión 14 tiene lugar el primer vuelo solo.

Asimismo, en base a la información proporcionada por Adventia, el tiempo máximo que puede transcurrir desde el último vuelo es de 6 meses para que un alumno pueda volar solo. No obstante, en base a esta información, en la práctica nunca transcurren más de dos semanas desde el último vuelo hasta que el alumno realiza un vuelo solo.

b) En relación al propietario y mantenedor de la aeronave:

Servicios y Estudios para la Navegación Aérea y la Seguridad Aeronáutica S.A. (SENASA S.A.) es la propietaria de la aeronave. Asimismo, SENASA también se encarga de la gestión de la aeronavegabilidad de la aeronave y de la realización de los trabajos de mantenimiento sobre la misma (está aprobada por AESA como organización CAMO ES.MG.121 y organización PARTE 145 ES.145.074).

1.18. Información adicional

a) Obtenida del centro de mantenimiento:

Se obtuvo la siguiente información acerca de las prácticas de mantenimiento que lleva a cabo el mantenedor de la aeronave en relación a los frenos:

- En toda inspección de mantenimiento programada (50 horas, 100 horas y 2000 horas), se inspecciona el estado de la pinza de freno, de las pastillas y del disco.

- En las revisiones de 50 horas y de 100 horas no es necesario desmontar la pinza freno, las pastillas, ni el disco de la aeronave para proceder a su revisión. Solamente se desmontan en caso de que se observe que es necesario proceder a la sustitución de alguno de estos elementos.

- En la revisión de 2000 horas, se desmonta la pinza de freno y se inspecciona de acuerdo a las instrucciones del manual de mantenimiento del fabricante de la aeronave. Es la revisión más a fondo que se hace del sistema de frenos.

- No se aplica ningún tipo de lubricante en los orificios de la pletina de la pata del tren ni en las guías de la pinza de freno.

- A la hora de montar la pinza de freno en la aeronave tras su extracción, se comprueba que exista cierto juego entre las guías de la pinza del freno y los orificios de la pletina de la pata del tren.

b) Obtenida del fabricante de la aeronave:

Se obtuvo la siguiente información acerca de las instrucciones de mantenimiento establecidas por el fabricante de la aeronave:

- No se prescribe ninguna tarea de mantenimiento asociada a lubricar las guías de la pinza de freno ni los orificios por donde deslizan para facilitar el movimiento.

c) Obtenida del fabricante de los frenos:

Se obtuvo la siguiente información de interés por parte del fabricante de los frenos cuando se le envió la foto correspondiente a la figura 18:

Hay corrosión en los orificios de la pletina de la pata del tren. El acabado de la superficie también parece haber estado comprometido además del desgaste existente en el recubrimiento de cadmio. Es importante que las guías de la pinza del freno se lubriquen con un lubricante seco, y que los orificios de la pletina de la pata del tren no tengan corrosión.

En base a las fotos, hay una gran posibilidad de que las guías de la pinza de freno no deslizaran libremente por los orificios de la pletina de la pata.

1.19. Técnicas de investigación especiales

No aplicable.

2. ANALISIS

Según se ha expuesto en el Título 1 (información sobre los hechos), el freno izquierdo de la aeronave empezó a arder en algún momento durante la carrera de aterrizaje y el posterior rodaje a plataforma. De cara a este apartado, se analizarán los siguientes aspectos.

- Generación del fuego.
- Mantenimiento de la aeronave.
- Gestión de la emergencia por parte del alumno piloto.

2.1. Generación del fuego

En base a lo expuesto en el punto 1.16, se considera que el fuego se originó en la zona del freno izquierdo. En los siguientes apartados se tratará de responder cómo, por qué y cuándo se originó el incendio, seguido de una secuencia posible de los hechos:

2.1.1. Cómo se inició el fuego

Para analizar cómo se generó el fuego, recurriremos al modelo del triángulo del fuego.

En base a este modelo, son necesarios tres factores para iniciar un fuego:

- Un combustible.
- Un comburente (un agente oxidante como el oxígeno).
- Una energía de activación, que genere una alta temperatura (por ejemplo, calor o una chispa).

Cuando estos tres factores se combinan en la proporción adecuada, el fuego se origina.

Combustible

En cuanto a la sustancia que actuó de combustible en el caso que nos ocupa, podría haber sido el líquido hidráulico del sistema de frenos (tipo MIL-H-5606F) o la gasolina (AVGAS100LL).

En cuanto a la gasolina, se considera improbable que haya actuado como combustible en el origen del fuego, ya que, si bien existe en cada uno los planos un orificio de ventilación (a unos 30 cm del encastre de la pata del tren con el plano) por el que, en circunstancias concretas, puede salir una pequeña cantidad de combustible, se considera improbable que entrara a través del carenado de la rueda hasta la zona del freno, ni siquiera combinado con una posible acción del viento, debido a que la carena cubre prácticamente toda la pata.

Asimismo, durante la inspección de la aeronave, se verificó que no existía ningún tipo de fuga de combustible que pudiera resultar en un derrame del mismo en la zona de los frenos.

Por lo tanto, se considera que lo más probable es que el líquido hidráulico actuara como combustible en el fuego que se originó. No obstante, no se descarta la opción de que los propios materiales sintéticos del material de fricción de los frenos pudieran comenzar a arder por altas temperaturas, y el líquido hidráulico fuera otro componente más que contribuyera al fuego.

Comburente

El comburente más típico en los fuegos que se producen es el oxígeno atmosférico. Dado que el incendio se originó rodando al aire libre, se puede asegurar que existía un flujo constante de aire, y por tanto de oxígeno, que alimentaron las llamas.

Energía de activación

Según se ha explicado en el punto 1.16, en la inspección que se llevó a cabo de los elementos del freno izquierdo de la aeronave se encontró que las pastillas de freno LH tenían un desgaste y una degradación excesiva en toda su superficie. Además, se observó en ambas caras del disco de freno LH profundos surcos y material fundido adosado a la superficie del disco, lo cual indica que la fricción generada entre estas superficies fue muy acusada, lo cual conllevó la generación de una gran cantidad de calor, provocando una alta temperatura en los frenos.

Se considera que esta alta temperatura alcanzada en los frenos:

1- Sirvió como energía de activación del incendio, ya sea en forma de calor o incluso en forma de chispas, debido a un posible efecto esmeril provocado por el rozamiento continuado y prolongado entre las pastillas y el disco.

2- Provocó la degradación de no solo las pastillas y disco, según se ha explicado anteriormente, sino también de la goma del latiguillo en su unión con el racor y/o la degradación del retén del pistón actuador, conllevando el rezume de líquido hidráulico hacia el freno.

Una vez que esta primera cantidad de líquido hidráulico rezumó al exterior, ya fuera desde el retén del pistón actuador o desde el racor del latiguillo, se presume que el líquido hidráulico rezumado empezó a arder, o bien al entrar en contacto con los frenos, altamente sobrecalentados o bien debido a la exposición a las posibles chispas que se iban generando por el roce de las pastillas con el disco en un efecto esmeril.

Se descarta la opción de que el latiguillo se soltara y que pudiera haber producido un derrame de hidráulico, en base al estado en el que se encontraron los latiguillos (con los racores apretados y en su sitio y con resto de goma en el interior del latiguillo, según se explicó en el punto 1.16.1.f) y a las declaraciones del alumno piloto (tenía operativo el freno izquierdo después de que se originara el fuego).

Una vez se inició el fuego, este se propagó por los diferentes elementos de la aeronave, entre ellos, el latiguillo, que, al irse degradando, fue perdiendo más liquido hidráulico, contribuyendo a la propagación del incendio.

2.1.2. Por qué se inició el fuego

A continuación, se tratará de analizar el motivo por el cual se generó el calor excesivo que conllevó una alta temperatura en la zona de los frenos, el cual sirvió como energía de activación del incendio que se declaró.

En primer lugar, tal y como se explicó en el punto 1.6, la reducción de velocidad en la aeronave se consigue por medio de la fricción de las pastillas con el disco que se produce al accionar el pedal de freno. Este rozamiento entre pastillas y disco genera un gran calor.

Tan pronto como se deja de accionar el pedal del freno, el pistón actuador de la pinza del freno deja de aplicar presión sobre la pastilla móvil, provocando que las pastillas dejen de estar en contacto con el disco. Consecuentemente, el calor se empieza a disipar, gracias también a la acción del aire en el movimiento de la aeronave, el cual contribuye de manera muy importante a la refrigeración del sistema.

Si algo hiciera que las pastillas siguieran en contacto con el disco una vez que se ha dejado de accionar el freno, la aeronave rodaría con las pastillas parcialmente en contacto con el disco de freno, sin llegar al bloqueo de la rueda. Esto no solo conllevaría la imposibilidad de disipar el calor generado durante la frenada, sino también que el calor siguiera aumentando aún más debido a que el contacto entre pastillas y disco persiste. Este gran calor generado provocaría, no solo el desgaste de las pastillas y del disco, sino también de

elementos adyacentes, tales como el retén del pistón actuador y la goma de los latiguillos, así como dilataciones y deformaciones de elementos metálicos del freno.

Por lo tanto, en el día del accidente aconteció alguna circunstancia por la cual pastillas y disco permanecieron en contacto sin estar los frenos accionados.

En segundo lugar, el hecho de que el alumno piloto indicara en la entrevista que no percibió ningún tipo de anormalidad durante el rodaje inicial, ni durante el despegue, ni durante la carrera de aterrizaje, ni durante las primeras fases del rodaje tras el aterrizaje (la traza GPS tampoco muestra nada al respecto) sugiere que el desgaste excesivo encontrado en las pastillas y en el disco no se provocó íntegramente el día del accidente ni tampoco en una operación aislada en días anteriores. Por lo tanto, se considera que lo más probable es que ese desgaste excesivo encontrado en las pastillas y en el disco fue consecuencia de un desgaste progresivo que venía teniendo lugar durante la operación de la aeronave desde tiempo atrás. De esta manera se considera que se venía dando un fenómeno de *"brake drag*[4]*"* desde tiempo atrás.

A diferencia de otros días en los que también se dio este fenómeno de *"brake drag"*, se considera que el día del accidente se originó el incendio debido a que se produjo un rezume de hidráulico sobre los frenos sobrecalentados. Se considera que este rezume de líquido hidráulico fue debido a que el retén del pistón actuador y/o la goma del latiguillo terminaron de perder su integridad el día del accidente, integridad que se vio progresivamente mermada desde tiempo atrás cada vez que se producía este fenómeno de *"brake drag"*.

En base a la guía de resolución de problemas del fabricante de los frenos y la inspección del sistema de los elementos del freno del punto 1.16, se considera que el "*brake drag*" fue debido a que la pinza no volvió a su posición de reposo una vez se dejaron de aplicar los frenos debido a:

- Un agarrotamiento del pistón actuador de la pinza del freno, que impediría que la pastilla móvil dejara de aplicar presión al freno, aunque ya no hubiera presión hidráulica.
- La existencia de presión hidráulica no intencionada por bloqueo del pistón actuador maestro del pedal del freno.
- Un deslizamiento impedido de las guías de la pinza de freno a través de los orificios de la pletina de la pata, lo cual provocaría que la pinza del freno se atascara en su recorrido hacia su posición de reposo una vez que se deja de accionar el pedal de freno.

La investigación no ha podido determinar la causa por la cual ni el momento en el cuál se empezó dar la situación en la que la pinza no volvía a su posición de reposo una vez se dejaban de aplicar los frenos.

No obstante, en base a lo expuesto en el punto 1.16, en particular:

- La conicidad encontrada en las guías de la pinza del freno y los surcos con corrosión encontrados en los orificios por donde deslizan las guías de la pinza de freno reflejan que existía una dificultad en el deslizamiento de las guías de la pinza a través de los orificios (en base lo indicado en los puntos 1.6.3, en las directrices de mantenimiento *"off aircraft"* y en el 1.18, en lo indicado por el fabricante de los frenos), si bien no ha sido posible determinar hasta qué punto el incendio que se declaró y la posterior extracción del freno de su alojamiento en la pata de la aeronave contribuyó a estos daños y deformaciones.
- El buen estado de los otros elementos del sistema de frenos que pueden provocar que la pinza no vuelva a su posición de reposo una vez que se dejen de aplicar los frenos, tales como el pistón actuador maestro de los pedales izquierdo de piloto y copiloto y el pistón actuador de la pinza del freno.

[4] Término anglosajón para definir el fenómeno por el cual las pastillas del freno quedan en contacto con el disco del freno sin existir un accionamiento en cabina por parte del piloto o copiloto

se considera que la hipótesis más probable por la cual la pinza no volvió a su posición de reposo una vez que se dejaron de aplicar los frenos es que las guías de la pinza del freno se atascaron en su recorrido a través de los orificios de la pletina de la pata. Además, se considera que este fenómeno podría producirse de forma aleatoria, esto es, no siempre que se accionaban los frenos ocurría, sino que se daba en función de, por ejemplo, cuánto se escoraba la pinza cuando se accionaban los frenos.

Hay que destacar que, si bien también se consideró posible que la pinza no volviera a su posición de reposo una vez se dejaban de aplicar los frenos debido al estado en el que se encontró el pistón actuador maestro del pedal izquierdo del puesto de copiloto (mostrado en la figura 16), se consideró que esta hipótesis tenía menos fuerza respecto a la anterior debido a que:

- No se pudo comprobar que, en esta posición del pistón actuador maestro, las pastillas y el disco de freno estuvieran en contacto.
- Se llevó a cabo el desmontaje y prueba funcional del pistón actuador maestro sin encontrar ninguna anormalidad.
- El pistón actuador maestro en cuestión se correspondía con el del puesto del copiloto, lo cual implicaría que las pastillas y el disco de frenos habrían estado en contacto permanente desde el 15-12-2020 (último vuelo de la aeronave con copiloto, dos vuelos antes del vuelo del día del accidente). Por lo tanto, se considera posible que, ante esta situación, o bien alguna de las tripulaciones de esos dos vuelos anteriores, una de ella con instructor, o bien el alumno piloto, se hubieran percatado de alguna anormalidad durante alguna fase de sus respectivas operaciones, especialmente durante los rodajes a baja velocidad.

En cuanto a la inspección prevuelo, en base a lo explicado en el punto 1.6.4., no se considera posible que el alumno piloto pudiera haber detectado algún tipo de anomalía. Lo único que se verifica en esta inspección es si hay fugas de hidráulico. En este caso, se considera que, probablemente, los indicios de fugas de hidráulico que pudieran existir serían difícilmente perceptibles debido a los carenados de las ruedas.

2.1.3. Cuándo se inició el fuego

Una vez analizado el cómo y por qué se inició el fuego, se analiza continuación cuándo se pudo haber originado el incendio.

Cronológicamente, el primer hecho factual que da fe de la existencia de fuego es el avistamiento del mismo por parte del alumno piloto testigo. En base a la entrevista con el alumno piloto testigo, podemos deducir que el fuego se originó, como muy tarde, cuando la aeronave se encontraba detenida en el punto de espera de C5, pues es en ese momento cuando el alumno piloto testigo afirma que observó el fuego por primera vez, sin poder afirmar si la aeronave tenía fuego mientras se aproximaba al punto de espera de la calle de rodaje C5.

No obstante, tal y como se puede observar en la figura 17, toda la zona interior de la cubierta estaba quemada, lo cual indica que lo más probable es que el fuego se originara en el freno cuando la aeronave estaba en marcha.

Para generar las altas temperaturas y/o chispas necesarias para iniciar el fuego, es necesario que haya habido un rozamiento entre las pastillas y el disco durante un tiempo suficiente y a una velocidad relativa considerable entre ambos, para que los frenos alcancen una temperatura suficientemente alta como para servir de energía de activación del incendio.

Teniendo en cuenta lo afirmado por el alumno piloto en la entrevista, en la que indicó que no aplicó los frenos durante la primera fase de la carrera de aterrizaje (punto 1.11.1) dejando que la aeronave se fuera frenando por sí sola, y lo explicado en el punto 1.11.2, se puede inferir que lo más probable es que tras el accionamiento del freno izquierdo al

hacer el cambio de sentido en pista y posterior desaccionamiento para continuar la rodadura, la pinza del freno no volvió a su posición de reposo, quedando las pastillas parcialmente en contacto con el disco desde el cambio de sentido en la pista, manteniéndose así durante la vuelta de la aeronave por la pista hasta llegar al punto de espera de la calle de rodaje C5 (punto 1.11.3).

Por lo tanto, se deduce que el fuego se originó en algún momento entre que la aeronave completó el cambio de sentido en la pista y su parada en el punto de espera de C5.

2.1.4. Secuencia posible de los hechos:

Una vez analizado el cómo, el por qué y el cuándo se originó el incendio, a continuación, se procede a exponer una secuencia posible de los hechos:

1) El alumno piloto realizó la inspección prevuelo, rodó por la plataforma y calles de rodaje y despegó por la pista 03. Durante este proceso no percibió ningún comportamiento extraño en la aeronave. Llevó a cabo el vuelo programado y regresó al aeropuerto para aterrizar.
2) El alumno piloto aterrizó por la pista 03.
3) Durante la primera fase de la carrera de aterrizaje, el alumno piloto rodó por la pista sin accionar los frenos, dejando que la aeronave se frenara por sí misma.
4) TWR dio instrucciones al alumno piloto para que hiciera un cambio de sentido en pista y rodara de vuelta para abandonar la pista por la calle de rodaje C5.
5) El alumno piloto llevó a cabo el cambio de sentido. Dado que hizo el cambio de sentido a izquierdas y cerrado, accionó el pedal izquierdo del freno probablemente a fondo para llevarlo a cabo. Cuando terminó de ejecutar el cambio de sentido, el alumno piloto dejó de accionar el freno izquierdo. No obstante, la pinza del freno no volvió a su posición de reposo. Consecuentemente, las pastillas del freno izquierdo quedaron parcialmente en contacto con el disco de freno izquierdo.
6) El alumno piloto volvió rodando por la pista con las pastillas del freno y el disco del freno parcialmente en contacto. Consecuentemente, durante todo este recorrido de vuelta (de aproximadamente 1 minuto y 40 segundos de duración y a una velocidad media de 40 km/h hasta que llega al punto de espera de C5), se fue generando calor y/o chispas en el freno izquierdo de la aeronave, extendiéndose a todos los componentes del mismo. Como el alumno piloto realizó un rodaje por la pista a una velocidad superior a la de rodaje habitual, tuvo que aplicar más potencia, por lo que es muy difícil que notara que el freno se quedó levemente accionado.
7) El alumno piloto llegó hasta el punto de espera de C5 y detuvo la aeronave. Por lo tanto, se puede afirmar que, hasta este punto, el alumno piloto tenía los frenos operativos.

Tal y como se ha explicado anteriormente, se considera muy probable que el fuego en la zona de los frenos se originara durante el rodaje por la pista tras el cambio de sentido, por lo que el alumno piloto detuvo la aeronave en el punto de espera de C5 con, al menos, un conato de incendio en el freno.

8) El alumno piloto testigo observó fuego en la aeronave y lo notificó por radio, en primera instancia, a Operaciones Adventia, y en segunda, a TWR.
9) El alumno piloto se percató, gracias al mensaje por radio del alumno piloto testigo a TWR, de que su aeronave estaba en llamas, y, consecuentemente, comenzó a gestionar la emergencia comunicándose por radio con Operaciones Adventia.
10) Mientras el alumno piloto se encontraba parado en el punto de espera de C5, con el freno izquierdo ardiendo y con ambos frenos accionados, el latiguillo y/o el retén del pistón actuador, ambos del lado izquierdo, muy degradados a estas alturas de los acontecimientos a causa del fuego, no aguantaron la presión del sistema de frenos (al estar los frenos accionados) y se rompieron, lo que conllevó la salida de líquido hidráulico al exterior, avivando las llamas ya existentes.

11) A consecuencia de lo anterior, el alumno piloto perdió el control de los frenos y la aeronave comenzó a avanzar lentamente, en línea prácticamente recta.

El hecho de que la aeronave rodara en línea recta y de que el alumno piloto afirmara en la entrevista que los frenos se soltaron sugiere que tendría que haber habido asimismo una pérdida de efectividad en el freno derecho (recordemos que, en esta aeronave, el freno es diferencial). No obstante, cabe indicar que no se han encontrado indicios que apunten, tal y como afirma el alumno piloto en la entrevista, a que se perdiera efectividad en el freno derecho debido a que, tal y como se ha indicado anteriormente en el informe, se encontraron restos de hidráulico tanto en los latiguillos como en la pinza de freno derecha, tal y como se ha explicado en el punto 1.16.

12) El alumno piloto llevó a cabo las directrices proporcionadas por Operaciones Adventia para la gestión de la emergencia y abandonó la aeronave en movimiento.
13) La aeronave se detuvo por sí misma al final de la calle de rodaje C5.
14) El SSEI llegó hasta la aeronave en llamas y procedió a la extinción del fuego.

2.2. Análisis del mantenimiento de la aeronave/directrices de mantenimiento de la aeronave.

En base a la información de mantenimiento recopilada, parte de la cual se ha reflejado en el punto 1.6.3., se puede afirmar que:

- La aeronave estaba al día en cuanto al mantenimiento programado.
- Todos los elementos con vida límite estaban en fecha y/o en horas respecto a las directrices del fabricante.
- Las tareas de mantenimiento contempladas por el mantenedor de la aeronave en su programa de mantenimiento son las mismas que las tareas de mantenimiento contempladas por el fabricante de la aeronave en su manual de mantenimiento.
- Los trabajos de mantenimiento correctivo llevados a cabo en las últimas revisiones de mantenimiento se corresponden con trabajos de mantenimiento propios de una operación normal de la aeronave.
- La aeronave no tenía ninguna anomalía apuntada en el libro de vuelos en el mes anterior al suceso que estuviera relacionada con el sistema de frenos.

A pesar de que se considera, tal y como se ha indicado en el punto 2.1.2, que la degradación en los distintos componentes del freno y en los latiguillos se fue dando de forma progresiva, ni en la extracción de la pinza para la sustitución de las pastillas el 05-10-2020 ni en la última revisión programada (de 50 horas, el 20-11-2020) se encontraron indicios de anomalía alguna relacionada con los frenos. Esto pudo ser debido a que en ninguna de esas dos revisiones de mantenimiento programado se encontró, por un lado, que los discos, pastillas u otros elementos estuvieran notablemente dañados y, por otro lado, que el deslizamiento de las guías de la pinza a través del orificio de la pletina de la pata del tren de aterrizaje estuviera impedido.

Por lo tanto, se infiere que desde el 20-11-2020 (última revisión de mantenimiento programado) hasta el 12-01-2021 (día del accidente), en el que la aeronave voló 33 horas y 15 minutos e hizo 46 aterrizajes y 46 despegues, el problema en la pinza de freno se fue originando o acentuando (dado que se entiende que, hasta ese momento, de existir, no era lo bastante notorio como para que se percibiera ni en mantenimiento ni durante la operación de la aeronave).

Por otro lado, respecto a las directrices de mantenimiento para los frenos (pinza, pastillas y disco) dadas por el fabricante de la aeronave y por el fabricante de los frenos para la revisión de 2000 horas, las cuales fueron expuestas en el punto 1.6.3, se puede observar:

- que las primeras solo contemplan comprobar la condición general, la fijación, el desgaste y la existencia de grietas en el sistema.

- que el fabricante de los frenos parece considerar crítica la revisión de un correcto deslizamiento de la pinza de freno a través de los orificios y lubricar el conjunto para facilitar el deslizamiento de la pinza de freno a través de los orificios de la pletina de la pata (como así reitera en el punto 1.18, en la información obtenida por el fabricante de los frenos) mientras que el fabricante de la aeronave no contempla esto en las tareas de mantenimiento.

No obstante, no se puede concluir que lo anterior pudiera haber contribuido a que la pinza no volviera a su posición de equilibrio una vez que se dejaron de accionar los frenos, dado que es relevante el hecho de que, hasta la fecha, tras muchos años operando y manteniendo una flota que contiene varias aeronaves de este modelo, no se hayan encontrado indicios de problemas en los frenos por una falta de lubricación entre las guías y los orificios en alguna de esas aeronaves.

2.3. Análisis de la gestión de la emergencia por parte del alumno piloto

Por un lado, en base a las comunicaciones, tal y como se expuso en el punto 1.9, el alumno piloto testigo informó a TWR de que la aeronave tenía fuego a las 13:45:30 h. Por lo tanto, se puede deducir que es en ese momento cuando el alumno piloto fue conocedor de que su aeronave estaba en llamas, dado que, tal y como he ha dicho anteriormente, el alumno piloto se enteró de ello al oír la anterior comunicación.

Por otro lado, en base a la traza GPS, la aeronave empezó a moverse de forma descontrolada desde el punto de espera de la calle de rodaje C5 a las 13:46:25 h.

Por lo tanto, se puede deducir que, como poco, el alumno piloto estuvo dentro de la aeronave con fuego durante al menos 55 segundos siendo consciente de la existencia del mismo.

3. CONCLUSION

3.1. Constataciones

- Existió una gran transferencia de calor y de material entre las pastillas y el disco del freno, generando una alta temperatura en el freno.

- Las guías de la pinza del freno izquierdo presentaban una conicidad que hacía que éstas no fueran paralelas, dificultando notablemente el deslizamiento de la pinza por los orificios de la pletina de la pata del tren de aterrizaje.

- En relación a los orificios de la pata del tren de aterrizaje por donde deslizan las guías de la pinza del freno, se observó la existencia de pérdida de material en forma de surcos y corrosión en la superficie interior del orificio. En opinión del fabricante de los frenos, el estado de los orificios de la pletina de la pata del tren de aterrizaje es motivo suficiente para impedir el libre deslizamiento de las guías de la pinza del freno.

- No se encontraron averías fuera de las asociadas a una operación normal de la aeronave en los meses anteriores al accidente, comparando las averías de la aeronave EC-FTJ con las averías de otras aeronaves de la flota.

- Las instrucciones de mantenimiento del fabricante de la aeronave para la revisión de los frenos no contemplan en ningún punto la revisión del deslizamiento de la pinza del freno por el interior de los orificios de la pletina de la pata del tren de aterrizaje, ni como una causa posible de *"brake drag"* en la guía de resolución de problemas.

- Las instrucciones de mantenimiento del fabricante de los frenos para la revisión de los frenos sí que contempla la revisión del deslizamiento de la pinza del freno por el interior de los orificios de la pletina de la pata del tren de aterrizaje. Asimismo, se incluye este hecho como una causa posible de *"brake drag"* en la guía de resolución de problemas.

3.2. Causas / Factores contribuyentes

No ha sido posible determinar la causa del accidente.

4. RECOMENDACIONES

No se han emitido recomendaciones de seguridad.

5. APÉNDICE: COMPONENTES Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE FRENOS

En este apéndice se detalla cada uno de los componentes que forman parte del sistema de frenos, así como el funcionamiento del sistema.

En primer lugar, se describen los componentes más importantes del sistema de frenos representados en la figura 2:

- Depósito del líquido de freno: Contiene y suministra el líquido de freno necesario para el funcionamiento del sistema de frenos. El líquido que se usa es el MIL-H-5606F.

- Pedal: Accionado desde la cabina por parte del piloto o del copiloto, transmite una presión al pistón actuador maestro que provoca el movimiento de este último.

- Pistón actuador maestro: Accionado por medio del pedal, introduce presión en el circuito hidráulico del sistema de frenos, la cual se transmite por el mismo a través de los latiguillos.

- Latiguillo: Es un conducto de nitrilo reforzado con dos trenzas de alambre de acero de alta resistencia y recubierto de neopreno, el cual une los distintos elementos del sistema de frenos formando un circuito hidráulico. Las uniones de los latiguillos con los diferentes elementos del sistema de frenos se efectúan por medio de las terminaciones metálicas roscadas de los mismos, denominadas racores. El rango de temperatura de trabajo va desde los -40ºC a los 100ºC.

- Válvula del freno de estacionamiento: Al accionarse desde la cabina a través de un botón giratorio, impide el paso de hidráulico a través de la misma.

- Luz de indicación del freno de estacionamiento en cabina: Luz que se enciende cuando la válvula del freno de estacionamiento está cerrada.

- Freno: Este componente del sistema es el encargado de reducir la velocidad de la aeronave a partir de la presión hidráulica que recibe a través de los latiguillos. Se compone de la pinza, dos pastillas y un disco:

    - Pinza del freno: La pinza del freno va instalada mediante la introducción de dos guías en el interior de unos orificios existentes en una pletina soldada a la pata de la aeronave. Sobre esta pinza se montan el plato de presión y el plato trasero, sobre los cuales van instaladas las pastillas de freno. Asimismo, se compone de una toma de entrada de líquido hidráulico, de una toma de drenaje y de un pistón actuador.

    - Pastillas de freno: Al accionar los frenos, las pastillas de freno entran en contacto con el disco de freno. La ficción entre las pastillas y el disco de freno provoca la disminución de velocidad de la aeronave. Una de las pastillas es fija a la pinza, estando unida a esta por medio de dos tornillos. La otra pastilla es móvil, y se desliza respecto a la pinza a través de dos guías.

    - Disco de freno: El disco de freno se instala en la aeronave y gira solidariamente con la rueda.

    - Pistón actuador: Es el elemento que transmite la presión hidráulica que recibe a través del latiguillo al plato de presión (el cual contiene a la pastilla móvil), desplazándola hacia el disco de freno. Este pistón

actuador tiene un retén de goma de nitrilo (NBR) que aguanta una temperatura máxima de 135º C.

Las siguientes imágenes representan la estructura del freno y el acople con la pata del tren de aterrizaje de la aeronave:

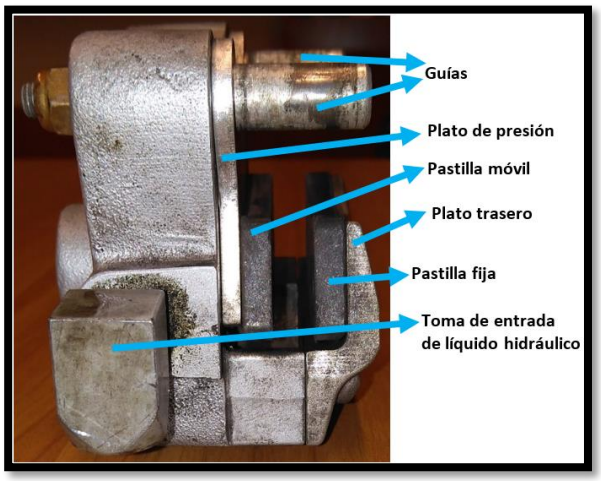


Figura 19: Freno (vista lateral).

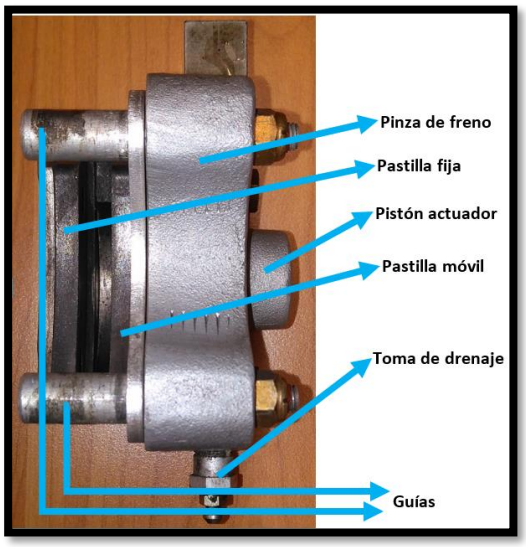


Figura 20: Freno (vista en planta).

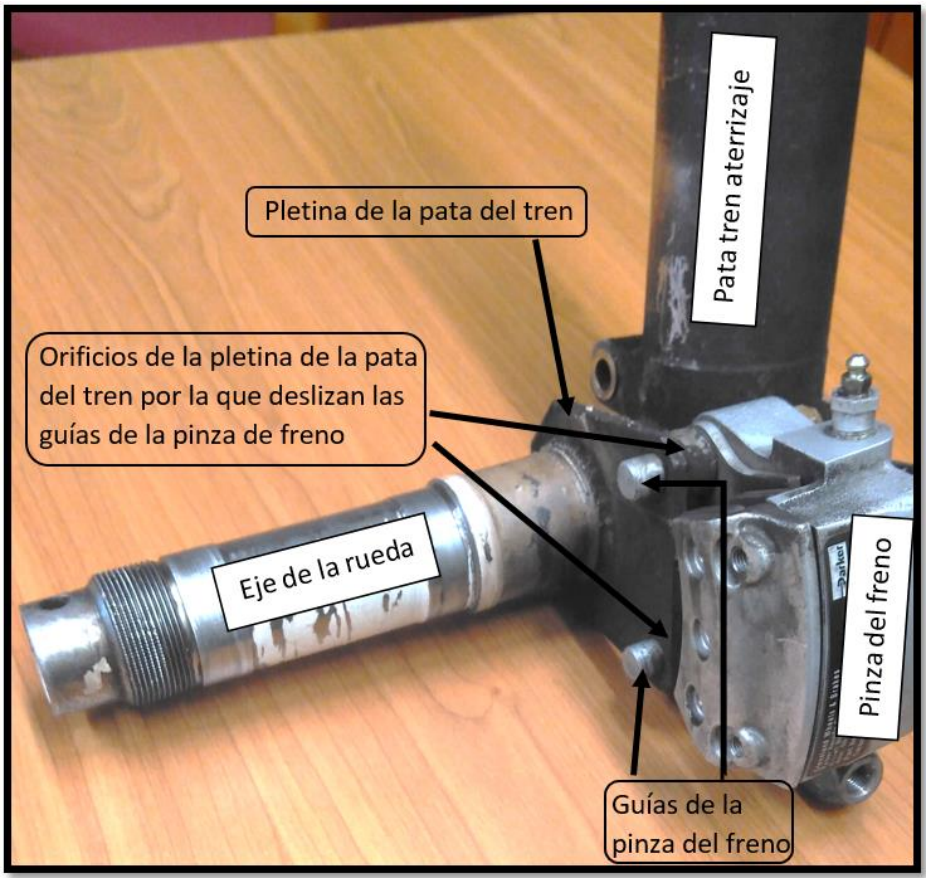


Figura 21: Acople del freno en la pata del tren.

Por último, se explica a continuación el funcionamiento de los frenos de forma esquemática:

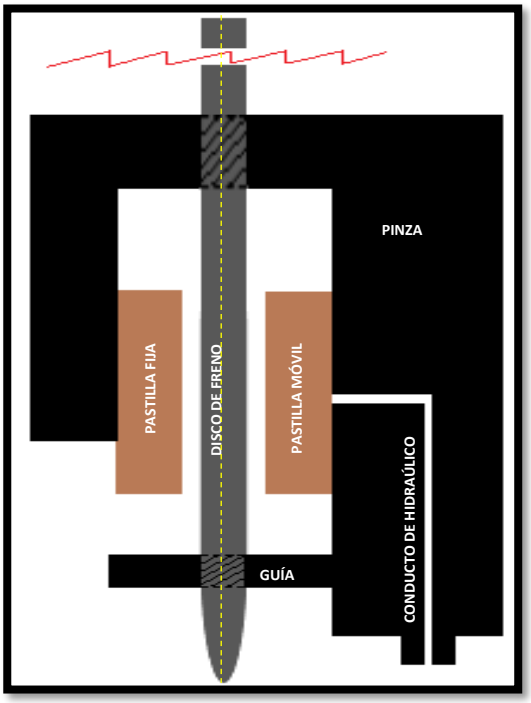


Figura 22: Funcionamiento del freno (1).

Esta es la posición del freno en reposo.

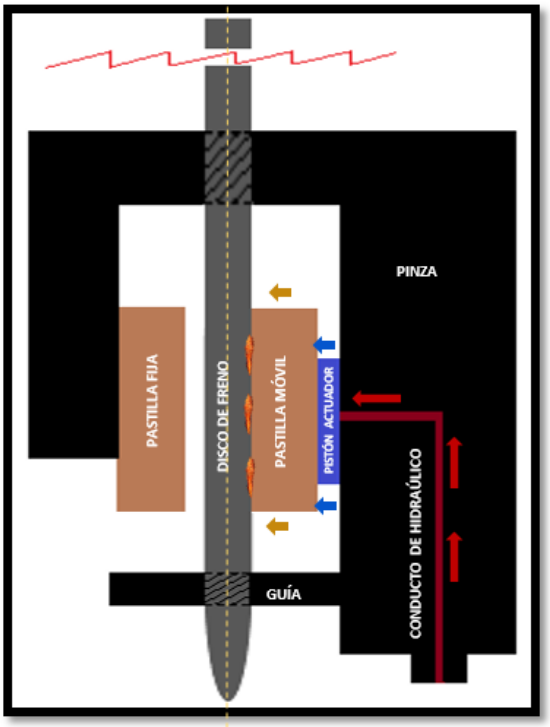


Figura 23: Funcionamiento del freno (2).

Cuando se acciona el pedal del freno, se transmite presión por medio del líquido hidráulico a través de un conducto que transcurre por dentro de la pinza del freno.

El líquido hidráulico mueve el pistón actuador, el cual, a su vez, desplaza la pastilla móvil hasta que esta contacta con el disco de freno.

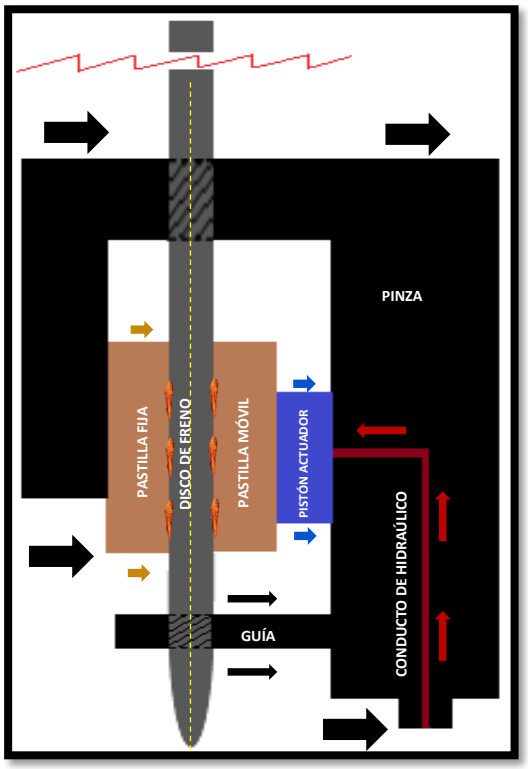


Figura 24: Funcionamiento del freno (3).

Como la pastilla móvil no puede avanzar más al contactar con el disco de freno, toda la pinza en su conjunto se desplaza lateralmente gracias al deslizamiento de las guías de la pinza de freno a través los orificios de la pletina de la pata del tren de aterrizaje, usando como punto de apoyo la pastilla que está pegada al disco de freno y arrastrando en su movimiento a la pastilla fija, hasta que ésta contacta con el disco de freno, provocando el frenado de la aeronave.

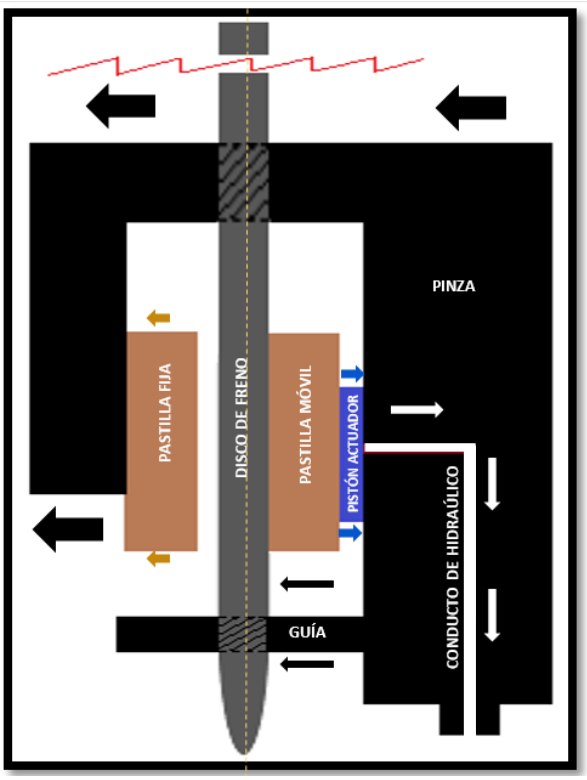


Figura 25: Funcionamiento del freno (4).

Cuando se deja de accionar el pedal de freno, deja de haber presión de hidráulico en el sistema, de manera que vuelve a su posición de reposo de forma progresiva.

Al dejar de existir presión de hidráulico, se produce la retracción del pistón actuador. Por lo tanto, en primer lugar, la pinza se desliza alejándose del disco, y, por tanto, la pastilla fija deja de estar en contacto con el disco de freno.

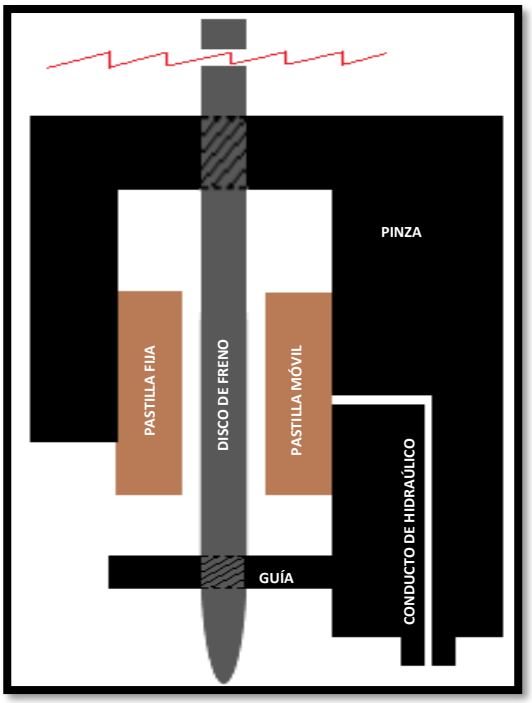


Figura 26: Funcionamiento del freno (5).

En segundo lugar, la pinza móvil se aleja asimismo del disco, al no estar el pistón actuador empujándola hacia el disco, volviendo el sistema a su posición natural (en este modelo de freno en concreto no hay ningún elemento de retracción como tal).