

# Informe técnico

## ULM A-017/2021

---

Accidente ocurrido el día 23 de octubre de 2021, a la aeronave Cedimex S-6ES-582, matrícula EC-CH8, en el aeródromo de Villaverde (Toledo, 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.



## **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.

## ÍNDICE

<b>ADVERTENCIA.....</b>	<b>0</b>
<b>ABREVIATURAS .....</b>	<b>2</b>
<b>Sinopsis.....</b>	<b>1</b>
<b>1. INFORMACIÓN SOBRE LOS HECHOS .....</b>	<b>2</b>
1.1. <b>Reseña del accidente.....</b>	<b>2</b>
1.2. <b>Lesiones a personas.....</b>	<b>3</b>
1.3. <b>Daños sufridos por la aeronave .....</b>	<b>3</b>
1.4. <b>Otros daños.....</b>	<b>3</b>
1.5. <b>Información sobre el personal .....</b>	<b>3</b>
1.6. <b>Información sobre la aeronave .....</b>	<b>3</b>
1.7. <b>Información meteorológica .....</b>	<b>5</b>
1.8. <b>Ayudas para la navegación .....</b>	<b>6</b>
1.9. <b>Comunicaciones .....</b>	<b>6</b>
1.10. <b>Información de aeródromo .....</b>	<b>6</b>
1.11. <b>Registradores de vuelo.....</b>	<b>6</b>
1.12. <b>Información sobre los restos de la aeronave.....</b>	<b>6</b>
1.13. <b>Información médica y patológica.....</b>	<b>8</b>
1.14. <b>Incendio .....</b>	<b>8</b>
1.15. <b>Aspectos relativos a la supervivencia.....</b>	<b>8</b>
1.16. <b>Ensayos e investigaciones.....</b>	<b>8</b>
1.17. <b>Información organizativa y de dirección .....</b>	<b>13</b>
1.18. <b>Información adicional .....</b>	<b>13</b>
1.19. <b>Técnicas de investigación especiales .....</b>	<b>13</b>
<b>2. ANÁLISIS .....</b>	<b>14</b>
2.1. <b>Meteorología.....</b>	<b>14</b>
2.2. <b>Aproximación .....</b>	<b>14</b>
2.3. <b>Recorrido de aterrizaje .....</b>	<b>15</b>
2.4. <b>Actuaciones del piloto .....</b>	<b>16</b>
2.5. <b>Rotura del cable de freno .....</b>	<b>17</b>
<b>3. CONCLUSIÓN.....</b>	<b>19</b>
3.1. <b>Constataciones .....</b>	<b>19</b>
3.2. <b>Causas/Factores contribuyentes .....</b>	<b>19</b>
<b>4. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>20</b>

# ABREVIATURAS

AEMET .....	Agencia Estatal de Meteorología
AESA .....	Agencia Estatal de Seguridad Aérea
GPS .....	Sistema de posicionamiento global por satélite
h.....	Hora(s)
km .....	Kilómetro(s)
kt .....	Nudo(s)
m.....	Metro(s)
METAR .....	Informe meteorológico rutinario de aeródromo
min .....	Minuto(s)
mph.....	Milla por hora
s .....	Segundo(s)
s/n .....	Número de la serie
VFR.....	Reglas de vuelo visual

# Informe Técnico ULM A-017/2021

Propietario y operador:	Privado
Aeronave:	Cedimex S-6ES-582 EC-CH8 (España)
Fecha y hora del accidente:	Sábado, 23 de octubre de 2021; 11:30 hora local <sup>1</sup>
Lugar del accidente:	Aeródromo de Villaverde (Toledo)
Personas a bordo:	1 (tripulación, ilesa)
Tipo de vuelo:	Aviación general – privado
Fase de vuelo:	Aterrizaje - recorrido de aterrizaje
Reglas de vuelo:	VFR
Fecha de aprobación:	30 de marzo de 2022

## Sinopsis

El sábado 23 de octubre de 2021, aproximadamente a las 11:30 hora local, la aeronave Cedimex S-6ES-582 EC-CH8, sufrió una salida de pista por el margen izquierdo de la pista 27 del aeródromo de Villaverde (Toledo) durante el recorrido de aterrizaje. A bordo iba su propietario, como piloto a los mandos, en un vuelo de carácter privado. La aeronave había despegado una hora antes del aeródromo de Camarenilla (Toledo), donde tenía su base.

Durante la investigación se pudo determinar que la salida de pista se produjo por una pérdida de control direccional generada por una asimetría en la acción de frenado. Tras producirse el fallo, la aeronave recorrió 47 m y capotó tras una valla perimetral. El piloto resultó ileso y pudo abandonar la aeronave por sus propios medios.

La investigación ha concluido que la causa de la pérdida de control direccional ocurrido a la aeronave EC-CH8 fue el frenado asimétrico que se produjo tras la rotura del cable del freno del pedal derecho del piloto. Se consideran como factores contribuyentes:

- El diseño y la instalación del sistema de frenos en la zona de los pedales, que origina el rozamiento del cable de freno en diferentes puntos.
- La ausencia de un mantenimiento adecuado del sistema de frenos, que produjo que este rozamiento acabase cortando el cable de freno.

El informe contiene una recomendación sobre seguridad operacional.

---

<sup>1</sup> La referencia horaria utilizada en este informe es la hora local.

## 1. INFORMACIÓN SOBRE LOS HECHOS

### 1.1. Reseña del accidente

El sábado 23 de octubre de 2021, la aeronave EC-CH8 despegó desde la pista 05 del aeródromo de Camarenilla (Toledo). A bordo iba su propietario, como piloto a los mandos, para realizar un vuelo de carácter privado. El destino era el aeródromo de Villaverde (Toledo), situado 39 km al sur, donde tenía intención de aterrizar, y más tarde regresar a Camarenilla.

Según la información proporcionada por el piloto, el despegue se produjo a las 10:30 horas tras realizar con resultado satisfactorio las comprobaciones prevuelo. Después, el piloto procedió a realizar un circuito y una toma y despegue, como solía ser su costumbre. Una vez finalizadas estas maniobras, la aeronave inició el vuelo hacia Villaverde.

La llegada al aeródromo de Villaverde se produjo una hora después, alrededor de las 11:30 horas. Según la descripción del piloto no había ningún tráfico y la manga de viento estaba caída. Seleccionó la pista 27 porque tenía pendiente positiva y realizó un circuito izquierdo antes de aterrizar. Según indicó, realizó la toma de contacto sin problemas, en la zona de intersección con la calle de rodaje (② en figura 1) con un punto de flap, a 60-65 mph y con el tren principal. Dejó que el tren de morro apoyase y, una vez la aeronave deceleró hasta las 45-50 mph, aplicó frenos. El piloto describió que el avión le hizo un movimiento de guiñada momentáneo y aplicó con más fuerza los frenos, teniendo en mente la cercanía al final de pista. En este momento la aeronave giró hacia la izquierda y siguió avanzando sin poder detenerla, saliéndose por el margen izquierdo, rebasando una valla perimetral, capotando y quedando en posición invertida. Su ubicación final (③ en figura 1) distaba 25 m del eje de pista y 160 m de la señal de umbral de la pista 27.

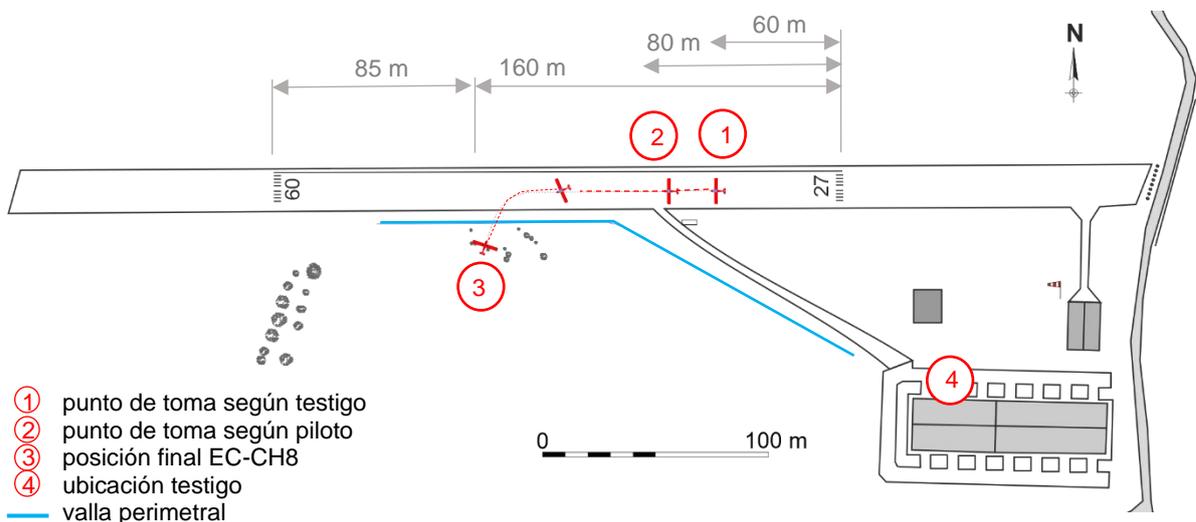


Figura 1. Recorrido de aterrizaje

La toma fue vista por un piloto ubicado en el punto ④ de la figura 1 que describió la toma como normal. Señaló que la aeronave tomó en el punto ①, situado 20 m antes que la zona indicada por el piloto, y que, de repente, vio que giraba completamente a la izquierda y se salía de la pista. Tras el accidente, la aeronave fue puesta en posición normal y trasladada a uno de los hangares del aeródromo. En ese momento, el piloto descubrió que el cable de freno del pedal derecho estaba roto.

## 1.2. Lesiones a personas

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

## 1.3. Daños sufridos por la aeronave

La aeronave presentaba daños localizados en la hélice, estructura del tren de morro y entelado del plano izquierdo. Además, el cable del freno derecho del puesto del piloto estaba roto y suelto del pedal.

## 1.4. Otros daños

La valla perimetral de la pista resultó afectada a lo largo de 9 m, en la zona donde la aeronave se había salido de la pista: tres postes de sujeción se habían caído y la tela metálica entre ellos se había deformado.

## 1.5. Información sobre el personal

El piloto, de 32 años de edad, contaba con una licencia de piloto de ultraligero, con habilitación en multieje de ala fija, obtenida hacía dos meses y medio (05/08/2021). Acumulaba 46 h y 5 min de experiencia total, de las cuales 11 h 50 min habían sido en el tipo. El resto de su experiencia había sido con aeronaves Tecnam P92 (de la escuela donde obtuvo su licencia).

Posteriormente a la obtención de su licencia, el piloto voló exclusivamente con la aeronave EC-CH8, que había adquirido a un particular en marzo de 2021. Esta actividad se había realizado durante los meses de septiembre y octubre de forma regular y continuada. El mes previo al accidente había volado 5 h 20 min y la semana previa 1 h 15 min. No había tenido actividad de vuelo los 5 días previos al accidente.

## 1.6. Información sobre la aeronave

La aeronave EC-CH8 Cedimex S-6ES-582, s/n S-6A-117, era propiedad del piloto que la operaba el día del evento. Según constaba en el registro de matrículas de AESA, había sido fabricada y matriculada en España en junio del año 1996. Estaba equipada con un motor Rotax 582 s/n 7949423 y, en el momento del accidente tenía su base en el aeródromo de Camarenilla (Toledo).

Contaba con un certificado de aeronavegabilidad restringido emitido en el año 1996 y un certificado de matrícula emitido el 8 de abril de 2021, a nombre del último propietario.

Según la información recogida en el libro de aeronave y cartilla de motor, la actividad total acumulada era de 4037 h de aeronave y 820 h de motor.



Figura 2. Aeronave EC-CH8

La aeronave había tenido tres propietarios: el primero de ellos hasta el 2017, el segundo desde julio de 2017 hasta marzo de 2021 y, el tercero y último, desde marzo de 2021.

El libro de aeronave no tenía ninguna anotación de mantenimiento. La cartilla de motor tenía anotaciones de actuaciones relacionadas con el motor, la última de las cuales realizada por el último propietario tras la compra de la aeronave en marzo de 2021.

No existía constancia documental de ningún mantenimiento realizado a la aeronave y, más concretamente, al sistema de frenos. El actual propietario desconocía qué actuaciones se le habían hecho anteriormente a la aeronave. Por su parte, el mantenimiento que él había realizado desde que compró la aeronave se había centrado en el motor y así lo había reflejado documentalmente en la cartilla de motor.

#### Información de mantenimiento:

El Manual del Usuario de Vuelo y Mantenimiento proporcionado por el propietario era un documento de 38 páginas, en español, con fecha de publicación mayo de 1998. El capítulo 6, dedicado al mantenimiento, tenía una extensión de 4 hojas: dos dedicadas a la aeronave y dos dedicadas al motor. En relación con el mantenimiento de la aeronave se incluían recomendaciones sobre el entelado y sobre la revisión de la estructura. Respecto al sistema de frenado, el Manual no mencionaba ninguna práctica o recomendación de mantenimiento específica.

La última página contenía una advertencia indicando que la responsabilidad última respecto al mantenimiento es del propietario.

#### Información de operación:

Se extraen, textualmente, referencias de velocidades que se incluyen en los capítulos 3 y 4 del Manual del Usuario de Vuelo y Mantenimiento.

### Capítulo 3: PROCEDIMIENTOS NORMALES

- *Máxima velocidad con flaps: 65 mph.*
- *Velocidad de aproximación:*
  - *sin flap: 50 mph*
  - *con todo el flap bajado: 45 mph*
- *Velocidad de rotación: 35 mph.*
- *Velocidad de entrada en pérdida:*
  - *Con 1 punto de flap y motor: 20 mph*
  - *Con 1 punto de flap sin motor: 34 mph*
- *Aproximación y aterrizaje:*
  - *Velocidad: ajústela a 50 mph*
  - *Flaps: arriba*
  - *Velocidad de aproximación final: 45 mph*

### Capítulo 4: VOLAR EL S-6ES

- *Aterrizajes:*
  - *Una buena manera de aterrizar (...) es posicionarse sobre la pista a 50 mph (...).*
  - *Los aterrizajes sin motor se realizan con seguridad...si se puede mantener al menos de 50 a 60 mph en la aproximación. Esto le da inercia y flotabilidad adicionales (...).*
- *Operaciones con flaps:*
  - *Por favor tómese el tiempo necesario para familiarizarse completamente con el avión y su manejo antes de intentar cualquier despegue o aterrizaje de máximas prestaciones. El avión funciona bien sin la utilización de los flaps, solamente que las distancias de despegue y aterrizaje son más largas y las velocidades más altas. Preste mucha atención a las velocidades recomendadas.*
  - *Aterrizajes con flaps: mantenga al menos 45 o 50 mph con flaps completamente extendidos.*

#### 1.7. Información meteorológica

El aeródromo de Villaverde no tiene estación meteorológica propia, por lo que se ha recurrido a otras fuentes para obtener los datos de viento, como parámetro de interés para la investigación. A las 11:30 hora local, las condiciones registradas fueron las siguientes:

- METAR de los aeropuertos de Cuatro Vientos (76 km al norte) y Getafe (69 km al norte), que indicaban vientos inferiores a 3 kt de componente norte.
- Registros de las estaciones de AEMET de Mora de Toledo (17 km al este) que indicaba viento inferior a 1 kt con rachas inferiores a los 3 kt de componente este-noreste; de Toledo (21 km al norte) que registró viento de 5 kt con rachas de 7 kt de componente sureste; y San Pablo de los Montes (34 km al suroeste) que registró viento de 1 kt con rachas de 5 kt de componente este.
- Información proporcionada por el piloto describiendo “la manga caída”.

Respecto a las condiciones de luz, a las 11:30 horas había luz diurna, y la posición del sol no dificultaba la visibilidad al aterrizar por la pista 27.

## 1.8. Ayudas para la navegación

El vuelo, que se desarrollaba bajo reglas de vuelo visual, no utilizó ninguna ayuda para la navegación de interés para la investigación.

## 1.9. Comunicaciones

No hubo ninguna comunicación durante el vuelo.

## 1.10. Información de aeródromo

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

El terreno donde se encuentra la pista está en pendiente, de tal forma que en la operación por la pista 27 el terreno asciende. Además, a 8 m del borde izquierdo de la pista 27 se encuentra una valla metálica, situada en un terreno elevado

## 1.11. Registradores de vuelo

El piloto llevaba un GPSmap 296 de la marca Garmin, como ayuda para la navegación. No lo utilizó para el vuelo y, por lo tanto, no quedó registrado el recorrido. Sí que se pudo confirmar, a través del registro de mensajes, actividad del GPS entre las 10:35 y las 11:10 horas.

## 1.12. Información sobre los restos de la aeronave

### Marcas e impacto

En el terreno de tierra compacta y en el margen izquierdo de la pista 27 se pudieron identificar las siguientes marcas:

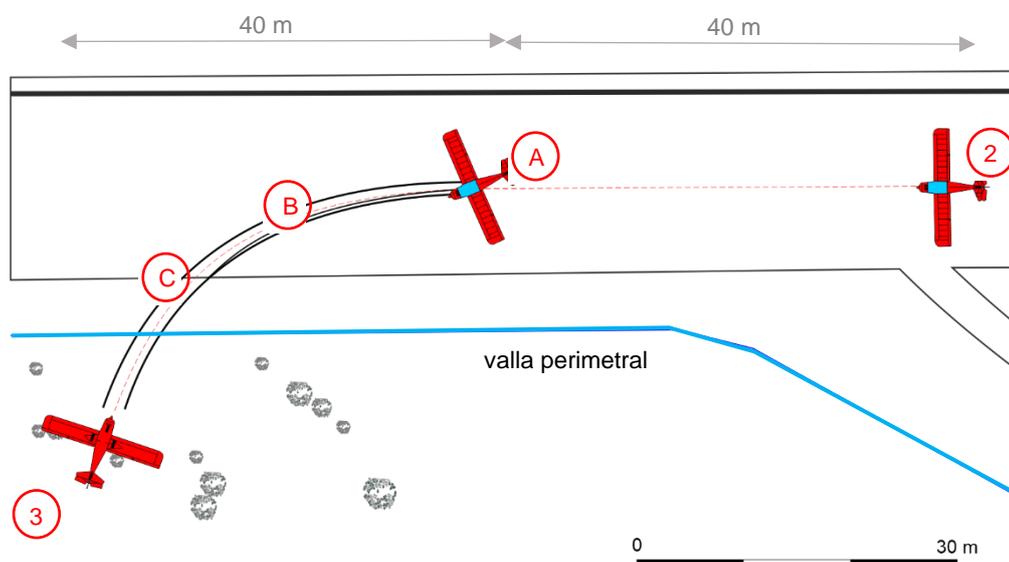


Figura 3. Marcas en la pista

- Punto A: aparición de las primeras marcas en la pista a 120 m de las señales de umbral de la pista 27. Tenían las siguientes características:
  - Tres huellas producidas por las ruedas del tren principal y de morro.
  - La separación entre las huellas del tren principal era de 1,6 m (la vía es de 1,8 m). Esto supone que la aeronave avanzaba con un ángulo de guiñada hacia la izquierda de 27°.
  - La huella del tren de morro se encontraba muy cerca de la rueda izquierda.
- Tramo A-B (15 m): las tres huellas avanzaban hacia la izquierda de la pista, acercándose la huella del tren de morro a la izquierda.
- Punto B: desaparece la huella del tren de morro, y a partir de este momento, sólo se identifican dos marcas, correspondientes al tren principal.
- Tramo B-C (12 m): las huellas del tren principal avanzan hacia la izquierda de la pista, hasta el borde de pista.
- Punto C: marcas del tren principal en el borde de pista, aproximadamente a 145 m de las señales de umbral de la pista 27.
- Tramo C-3 (20 m): avance de las marcas del tren principal hasta la valla. Tras pasada la valla se encontraron restos de la hélice de madera, marcas de tierra removida y ramas partidas de matorrales.

El punto de toma de contacto no se pudo identificar en la pista. Según describió el piloto se produjo en el punto identificado como 2. Este punto se encontraba 40 m antes de la aparición de las primeras marcas en la pista (punto A). Los puntos identificados como 2 y 3 se han representado también en la figura 1 (apartado 1.1).

### Restos de la aeronave

La hélice bipala de la aeronave, de madera, había quedado completamente fracturada y los restos de la misma se encontraron en el tramo C-D, pasada la valla. El carenado delantero de la aeronave presentaba pequeñas perforaciones alrededor de la hélice. La pata de morro del tren de aterrizaje había sufrido la rotura de los tubos de la estructura de sujeción al resto de la aeronave, aunque no había llegado a colapsar. De hecho, la aeronave se mantenía apoyada sobre las tres patas del tren.

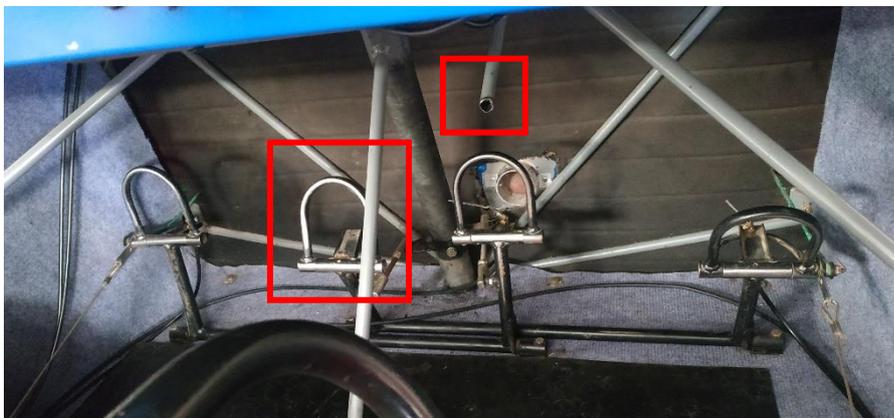


Figura 4. Pedal derecho (puesto del piloto) y rotura de tubo de la pata de morro

El extradós del plano izquierdo presentaba desgarros en la tela que no se habían propagado por el resto de la superficie. El cable del freno derecho del puesto de pilotaje se había roto y se había desprendido de su sujeción al pedal de freno.

### 1.13. Información médica y patológica

No aplicable.

### 1.14. Incendio

No se encontraron evidencias de incendio en vuelo o después del impacto.

### 1.15. Aspectos relativos a la supervivencia

Los sistemas de retención realizaron correctamente su función y el habitáculo de cabina mantuvo su integridad estructural. El piloto pudo desabrochar su arnés y abandonar la aeronave por sus propios medios a pesar de la posición invertida en la que se encontraba.

### 1.16. Ensayos e investigaciones

#### 1.16.1 Descripción del sistema de freno

El sistema de frenado de la aeronave EC-CH8 es un sistema por cable, ejercido desde los pedales de ambos puestos de pilotaje. De interés para la investigación se describe la zona de unión a los pedales. Al extremo del pedal están unidas tres piezas:

- Dos arcos solidarios separados  $130^\circ$  entre sí, que tienen un movimiento de giro de  $15^\circ$  respecto al pedal.
  - El arco superior es el que pisa el piloto y transmite el desplazamiento al arco inferior.
  - El arco inferior tiene una perforación en la zona media donde va anclada la camisa del cable. Este arco, en esta aeronave, se desplaza realizando un giro de  $15^\circ$  al igual que el arco superior.
- Una plataforma solidaria al pedal y situada entre los dos arcos (a  $90^\circ$  del primero). Esta plataforma no se mueve y tiene como misión ser el punto de fijación del cable. La fijación se realiza haciendo pasar el cable del freno a través de una perforación que existe en la plataforma y asegurándolo mediante el conjunto de fijación (formado por un tope y tornillo).

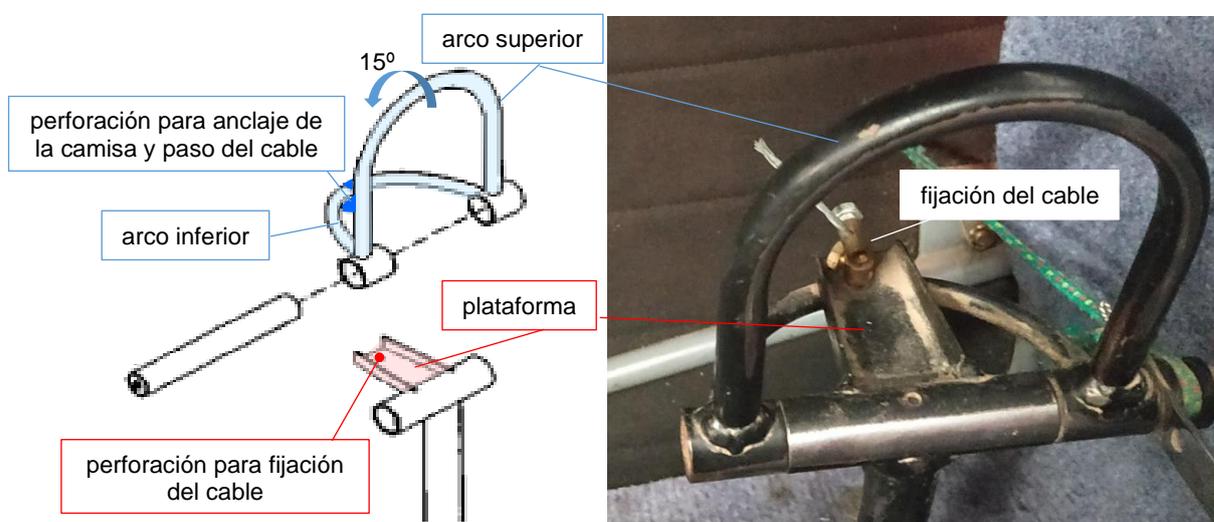


Figura 5. Componentes del pedal del freno

El trazado del cable-camisa de freno en las tres piezas es el siguiente (figura 6):

- El conjunto cable-camisa llega hasta la perforación del arco inferior, donde finaliza el recorrido de la camisa, que queda fijada a esta pieza.
- El cable, ya sin camisa, continua su recorrido, pasando la perforación del arco inferior hasta llegar a la plataforma fija del pedal, donde atraviesa la perforación que hay en ella y queda ajustado mediante un tope y un tornillo.

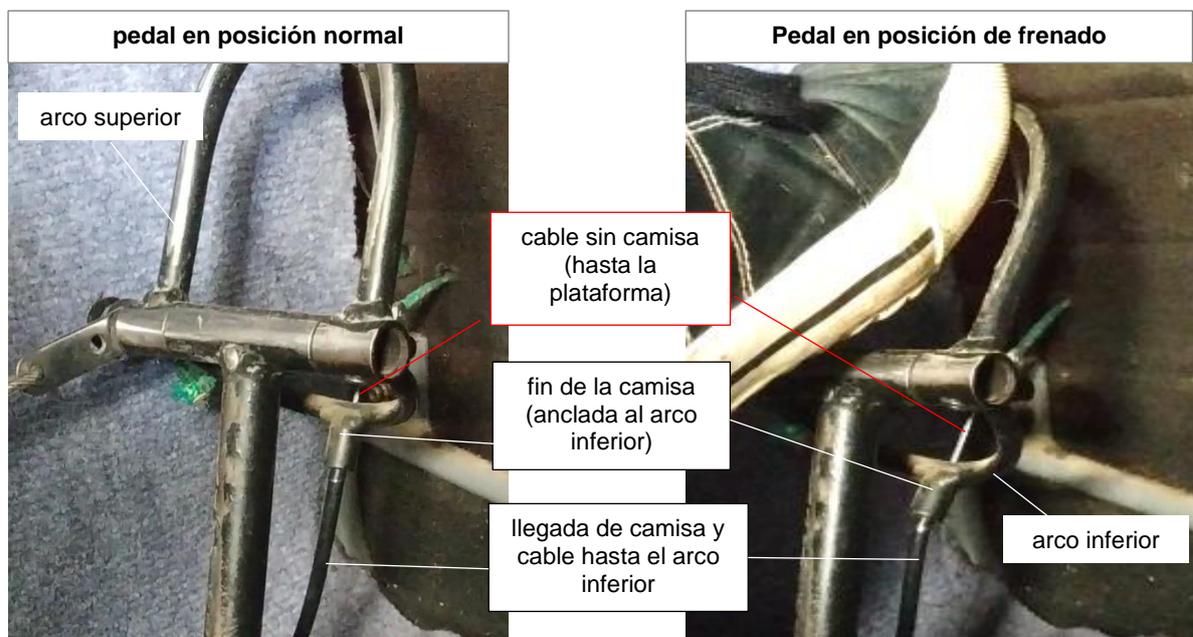


Figura 6. Secuencia de frenado en la zona del pedal

### 1.16.2 Secuencia de frenado

La secuencia de frenado, en esta aeronave, produce las siguientes acciones:

1. El piloto pisa el arco superior y lo desplaza  $15^\circ$  hacia abajo.
2. La plataforma no se mueve, manteniéndose el final del cable en una posición fija.
3. El arco inferior se desplaza  $15^\circ$  hacia abajo comprimiendo la camisa del cable y generando tracción en el cable.
4. El movimiento se trasmite, a través de varios tramos, por el piso de la aeronave y la estructura de la pata hasta la rueda. En la rueda, el trazado de la camisa finaliza en un punto fijo. El cable, continúa varios centímetros ya sin camisa y se une a una palanca que es la que ejerce presión sobre la pastilla de freno. La tracción del cable durante la aplicación del freno en los pedales genera un pequeño desplazamiento del extremo de la palanca hacia arriba, frenando la rueda.

La figura 7 muestra el trazado del conjunto cable-camisa en la zona de la rueda.



Figura 7. Frenado en la zona de la rueda

### 1.16.3 Documentación de referencia del fabricante

A través de las páginas web de Cedimex y Rans se consultó la documentación disponible sobre esta aeronave, en concreto la referente al mantenimiento e instalación del sistema de frenos. Los resultados fueron los siguientes:

- “Manual de Usuario de Vuelo y Mantenimiento” mencionado en el apartado 1.6. Este documento contenía 4 páginas dedicadas al mantenimiento sin datos específicos del sistema de frenos.
- “Manual de Montaje del S-6 COYOTE II”. En este documento se pudo obtener información sobre el montaje del sistema de frenos que llevaba la aeronave EC-CH8. De interés para la investigación se encontró un esquema de instalación de los pedales donde se hacía referencia de los p/n de las piezas a utilizar:
  - Fijación del cable compuesto por un tope y un tornillo (wire stop/screw, p/n 2360).
  - Camisa del cable (large cable housing, p/n B-CH20) de longitud 20'' (51 cm) y 38'' (96 cm), según la posición del pedal.
  - Cable de freno (brake cable, p/n B-C105).

### 1.16.4 Inspección del sistema de frenos de la aeronave EC-CH8

Se inspeccionó, probó y desmontó el primer tramo del sistema de frenos de los cuatro pedales de la aeronave EC-CH8, con los siguientes resultados:

#### Piezas utilizadas:

- La fijación de los cables no corresponde al establecida por el fabricante.

#### Desplazamiento del cable en la zona del pedal:

- La instalación del cable de freno presentaba cambios de dirección que afectaban a la alineación del cable respecto a las perforaciones (de la plataforma y del arco inferior), y al extremo de la camisa.
- Como consecuencia, se producía el contacto directo de algunas zonas del cable con las superficies metálicas que, como se indica más abajo, presentaban superficies cortantes.

### Arcos inferiores y plataformas de los pedales:

- Los cuatro pedales presentaban rebabas con filos cortantes en las perforaciones tanto de la plataforma como del arco inferior. En el caso de la plataforma, las rebabas se apreciaban en las caras superior e inferior de la perforación. En el caso del arco inferior, en la zona superior, donde el cable continuaba sin camisa.
- Las perforaciones de las plataformas presentaban ovalización en diferentes grados, siendo la más extrema la de la plataforma del pedal derecho del piloto. La figura 8 evidencia la ovalización en la perforación, las marcas de rozamiento producidas por el cable y las rebabas cortantes de la perforación de la plataforma del pedal derecho del piloto, donde se produjo la rotura del cable.



Figura 8. Vista inferior de la perforación de la plataforma (pedal derecho del piloto)

### Camisas:

- Respecto a las dimensiones de las camisas, eran cercanas a las definidas en el “Manual de Montaje”:
  - Piloto-pedal izquierdo: 55 cm (respecto a 51 cm)
  - Piloto-pedal derecho: 101 cm (respecto a 95 cm)
  - Copiloto-pedal izquierdo: 99 cm (respecto a 95 cm)
  - Copiloto-pedal derecho: 56 cm (respecto a 51 cm)
- Las terminaciones de las camisas de los cables (zona del pedal- extremo opuesto) diferían entre sí:
  - Piloto-pedal izquierdo: con terminación metálica- con terminación de goma
  - Piloto-pedal derecho: sin terminación– con terminación metálica
  - Copiloto-pedal izquierdo: con terminación metálica- con terminación metálica
  - Copiloto-pedal derecho: sin terminación –sin terminación
- Las terminaciones de las camisas, sobre todo las metálicas, en la zona del arco inferior, presentaban rebabas cortantes y marcas de rozamiento en zonas puntuales de la sección, indicativas de que el deslizamiento del cable dentro de la camisa no era paralelo.
- Estado de las camisas: todas presentaban dobleces y perforaciones del revestimiento en zonas donde se producían cambios en la dirección del cable. De todas las camisas, las del piloto eran las que presentaban peor estado, y en concreto, la del pedal derecho del puesto del piloto.

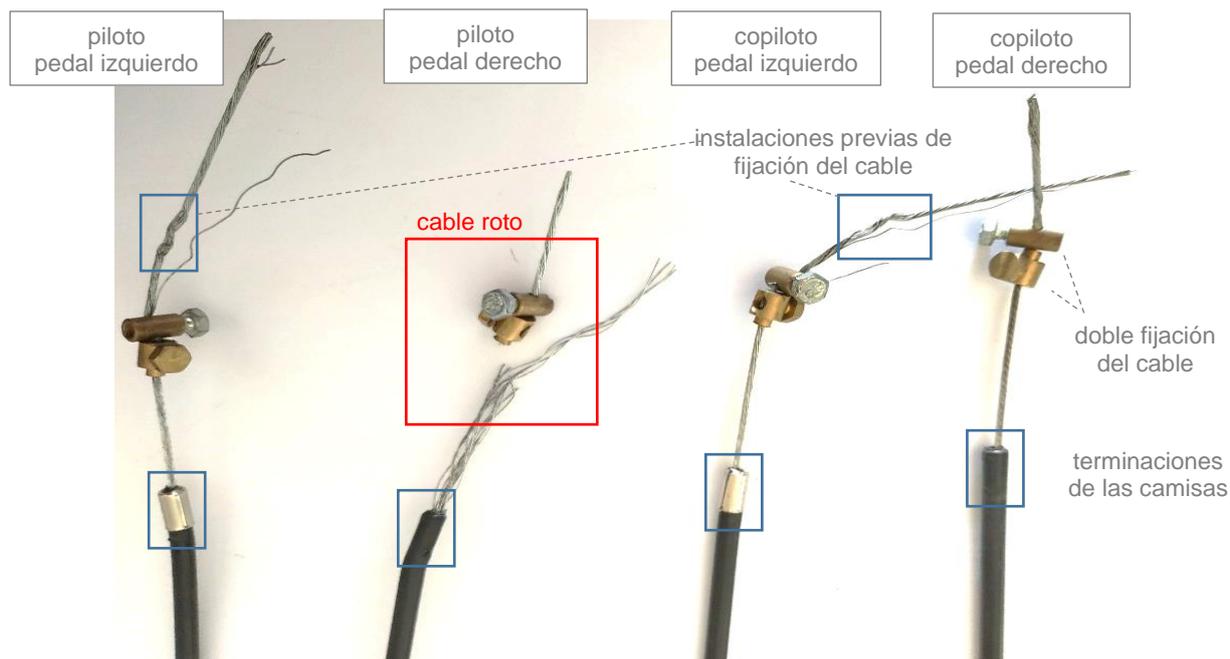


Figura 9. Extremo de la camisa, cable y fijación del cable de los cuatro pedales

#### Fijación de los cables en las plataformas de los pedales:

- Respecto a los sistemas de fijación del cable, en los cuatro pedales era doble, es decir, se realizaba con dos conjuntos tope-tornillo (a pesar de que la documentación indicaba uno).
- Ninguno de los conjuntos de fijación correspondía al indicado por el fabricante.
- De la doble fijación, el tope más cercano a la plataforma presentaba un estrechamiento que, inicialmente, se pensó que era para encajarlo en la plataforma y conseguir un mejor ajuste, evitando el contacto del cable con la plataforma. Sin embargo:
  - El estrechamiento no permitía su encaje en la plataforma debido a que la sección era mayor que el diámetro de la perforación.
  - El tope correspondiente al pedal derecho del copiloto estaba montado con el estrechamiento perpendicular a la plataforma y no en paralelo.
- Todas las zonas en contacto con las plataformas presentaban rebabas cortantes y marcas de erosión por rozamiento.

#### Cables de freno:

- Todos los cables contactaban directamente con las perforaciones de la plataforma y del arco inferior. En estos puntos de contacto todos los cables presentaban marcas de rozamiento.
- Los cables presentaban signos evidentes de haber sido reutilizados. En concreto los correspondientes a los pedales izquierdos de piloto y copiloto evidenciaban zonas de ondulación en el cable donde había estado instalado anteriormente la fijación del cable. Estas marcas de reutilización se evidenciaban en la zona de unión a la rueda.
- Se identificaron roturas completas de hilos en las zonas donde habían estado instalados previamente los frenos.
- El cable del pedal derecho del piloto que se encontró roto y separado de la plataforma presentaba las siguientes características:
  - De los 12 hilos que componen el trenzado del cable del freno, sólo 4 habían permanecido íntegros.

- Los 8 restantes se habían fracturado en dos zonas diferentes: 5 de ellos a la altura del primer tornillo de fijación y 3 de ellos a la altura de la zona inferior del freno, donde la pieza contacta con la plataforma.

#### **1.17. Información organizativa y de dirección**

No aplicable.

#### **1.18. Información adicional**

No aplicable.

#### **1.19. Técnicas de investigación especiales**

No aplicable.

## 2. ANÁLISIS

El sábado 23 de octubre de 2021, a las 11:30 horas aproximadamente, la aeronave Cedimex S-6ES-582 EC-CH8, sufrió una salida de pista por el margen izquierdo de la pista 27 del aeródromo de Villaverde (Toledo) durante la maniobra de aterrizaje.

El análisis de todos los datos recopilados ha permitido asociar el accidente a una pérdida de control direccional en tierra durante el aterrizaje, efectuado a alta velocidad, debido al frenado asimétrico que se produjo tras la rotura del cable del freno derecho.

### 2.1. Meteorología

El evento se produjo a las 11:30 hora local, en condiciones de luz diurna, por lo que se descarta cualquier contribución por falta de visibilidad.

Los registros de las 5 estaciones meteorológicas cercanas al aeródromo coinciden en que el viento presente en el momento de la toma era prácticamente nulo (entre 1 y 5 kt), confirmando la descripción del piloto de “manga caída” y, por tanto, descartando la contribución del viento en la salida de pista.

### 2.2. Aproximación

Respecto a la aproximación no se dispone de datos que permitan concluir con certeza cómo se desarrolló, ya que la única información disponible proviene de las declaraciones del piloto y del testigo. Aun así, la valoración que se realiza de los datos de las declaraciones es la siguiente:

- Los valores de velocidad durante la aproximación excedían los valores que el Manual de Usuario de Vuelo y Mantenimiento recomienda para la aproximación con flaps.
  - Los valores para realizar una aproximación con un punto de flap, según el Manual, estarían entre 45-50 mph. Respecto a la velocidad de pérdida en esta configuración (34 mph), se obtiene un margen entre 1,32 y 1,47.
  - Los valores utilizados por el piloto en la aproximación con un punto de flap fueron 60-65 mph. Respecto a la velocidad de pérdida en esta configuración, se obtendría un margen entre 1,76 y 1,91, por encima de los valores anteriores, evidenciando un exceso de velocidad en un 30% y, por tanto, de energía cinética.
- Los valores utilizados (60-65 mph) están incluso por encima de los recomendados para los aterrizajes sin motor (50-60 mph), con los cuales el propio Manual indica que se aumenta la energía cinética y sustentación con efecto suelo de la aeronave. Este aumento de la flotabilidad está en consonancia con la primera conclusión respecto al recorrido de aterrizaje que se muestra en el apartado 2.3.
- La descripción del testigo como toma normal se interpreta como excluyente de una aproximación anormalmente desestabilizada, pero no permite extraer ninguna conclusión adicional.

## 2.3. Recorrido de aterrizaje

### Velocidad

Respecto al recorrido de aterrizaje, teniendo en cuenta las velocidades indicadas por el piloto, las referencias de velocidad del Manual de Usuario de Vuelo y Mantenimiento, y que la aeronave fue capaz de avanzar durante 87-107 m por una pista con pendiente positiva y por un terreno ascendente, se extraen las siguientes conclusiones:

- Que la aeronave se encontraba sin tener el peso completamente apoyado en el tren de aterrizaje cuando se aplicaron los frenos.
- Que tras la toma de contacto con la pista, la aeronave llevaba un exceso de velocidad durante el recorrido en tierra y, por lo tanto, la sustentación era todavía significativa causando una disminución de la eficacia de la acción de frenado a la que el piloto estaría acostumbrado.

Estas conclusiones respecto al exceso de velocidad son consistentes con las conclusiones obtenidas respecto a la aproximación.

### Trayectoria

El recorrido de aterrizaje se desarrolló a lo largo de 87 m (según las referencias del piloto)-107 m (según las referencias del testigo). De esta trayectoria se distinguen dos fases:

- los primeros 40-60 metros donde la aeronave se desplazó alineada en la pista.
- los últimos 47 metros en los que la aeronave se desvió hacia la izquierda.

Este desarrollo del recorrido en tierra coincide con las descripciones realizadas por el piloto y el testigo, que indicaron que la aeronave guiñó, de repente, a la izquierda.

### Trayectoria: fase rectilínea

Los primeros 40-60 metros (según se tome como referencia el piloto o el testigo) se realizaron en línea recta sin producirse ningún desvío. Aunque de este tramo no se identificaron huellas en la pista, se considera que la descripción realizada por el piloto es coherente. Durante este tramo la aeronave debió disminuir algo la velocidad y el piloto cedió mando para bajar el tren de morro hacia el suelo. En la zona final de este tramo el piloto, viendo que quedaba poca pista remanente (entre 165 y 185 m), aplicó los frenos, probablemente con intensidad.

### Trayectoria: fase de desvío

Los siguientes 47 metros responden al desvío hacia la izquierda de la pista. Las huellas iniciales (sobre los primeros 15 m) indican claramente que la aeronave avanzaba con un ángulo de guiñada muy elevado (27°) hacia la izquierda. Esta posición de la aeronave indica que el freno derecho ya no realizaba su función y, por lo tanto, ya se había producido la rotura del cable.

Considerando la descripción del piloto, es posible que la reiteración de la acción de frenado con más fuerza, temiendo la cercanía del final de la pista, fuese lo que terminó de fracturar los hilos

del cable. En la secuencia del evento, por lo tanto, la rotura completa de los 8 hilos del trenzado del cable se produjo inmediatamente antes de aparecer las huellas en tierra.

La rotura del cable del pedal derecho se produjo cuando aplicó los frenos. Esto produjo una asimetría en la acción de frenado, en la que el freno izquierdo funcionó correctamente pero el derecho no, generando un movimiento de guiñada repentino y pronunciado.

El resto del recorrido fue consecuencia de la energía cinética remanente de la aeronave y del momento de guiñada hacia la izquierda originado por la asimetría de frenado. Esto hizo que la aeronave guiñase con un ángulo creciente, ocasionando la salida de la pista por el margen izquierdo y el ascenso por el terreno hasta llegar a la valla perimetral.

En el contacto con la valla metálica y con el terreno se produjeron las fracturas en los tubos estructurales del tren de morro, en las palas de la hélice y en el carenado delantero. Cuando la aeronave capotó, como consecuencia de este contacto con la valla, había disipado el resto de su energía quedando depositada suavemente sobre los matorrales, produciendo desgarros mínimos en el entelado del extradós del plano izquierdo.

## **2.4. Actuaciones del piloto**

### Utilización del flap para la aproximación:

La aeronave, tal y como se indica en el Manual de Usuario de Vuelo y Mantenimiento, puede operarse sin flaps. Esto se refleja en el propio Manual, en el que el procedimiento de aproximación y aterrizaje normal no incluye la utilización de los flaps, y donde se advierte de la necesidad de familiarizarse completamente con el avión antes de intentar cualquier despegue o aterrizaje con flaps, y se insiste en la necesidad de seguir las velocidades adecuadas.

En el caso del accidente, el piloto acumulaba 12 h de vuelo en la aeronave, lo que no se considera tiempo suficiente como para haber adquirido la familiarización completa requerida. A pesar de la baja experiencia, la utilización del flap responde a la necesidad de reducir el recorrido de aterrizaje, y que se reflejó en la preocupación del piloto por la cercanía del final de pista. En caso de haber ajustado la velocidad a las recomendaciones del fabricante y a la cabecera de pista, el aterrizaje por la pista 27, con pendiente positiva, probablemente no hubiese requerido la aplicación enérgica de los frenos.

### Asimetría de frenado:

La asimetría en el proceso de frenado produjo el desvío de la trayectoria y la salida de la pista. En este caso, las únicas acciones posibles para corregir el desvío hubiesen sido la actuación sobre el mando aerodinámico y dejar de ejercer presión sobre el freno izquierdo.

La baja experiencia del piloto en la aeronave en particular (12 h) y de vuelo en general (46 h), y la rapidez con la que debió suceder la rotura, no permitió que el piloto identificase claramente lo que estaba sucediendo.

## 2.5. Rotura del cable de freno

### Rozamiento del cable

La asimetría de frenado se produjo por la rotura de 8 de los 12 hilos del cable de freno del pedal derecho de la posición del piloto. Al producirse la rotura de los 8 hilos, los 4 restantes resbalaron a través del sistema de fijación. En consecuencia, se produjo la separación completa del cable de la plataforma del pedal, perdiendo su funcionalidad.

Las conclusiones más relevantes en relación con el diseño y operación del sistema de frenos, en la zona de los pedales, de la aeronave EC-CH8, son las siguientes:

- El cable atravesaba dos perforaciones realizadas en piezas metálicas (plataforma y arco inferior), en la zona de los pedales.
- Durante la acción de frenado, se producía un cambio de dirección del cable respecto a las perforaciones que atravesaba, generando un desplazamiento no alineado del cable con las superficies.
- Como consecuencia de este desplazamiento no alineado, se producía un rozamiento constante entre el cable y las superficies en estos puntos.
- Este rozamiento constante había llegado a producir erosiones, deformaciones de material y rebabas cortantes.

La rotura de los 8 hilos se produjo precisamente en uno de estos puntos de contacto del cable con las perforaciones que atravesaba: en la zona superior de la perforación de la plataforma. El examen del resto del cable evidenció marcas de rozamiento con pérdida de material en los puntos de contacto anteriores. Estas evidencias y conclusiones se hacían extensivas a los otros tres cables de freno de la aeronave.

### Mantenimiento deficiente del sistema de frenos

El estado de los cuatro cables y camisas sugería la ausencia de un mantenimiento adecuado. Los cables y camisas habían sido reutilizados y posicionados reiteradamente en diferentes posiciones y se evidenciaba, por ejemplo, en cortes de hilos por rozamientos de instalaciones previas, en las diferentes terminaciones en los extremos de las camisas o en los cortes y deformaciones de las camisas.

En conclusión, se considera que el diseño del sistema de frenos de este tipo de aeronaves produce unos problemas de rozamiento en diferentes puntos del trazado que necesitan una inspección y mantenimiento periódicos, que no parece haberse realizado en el caso de la aeronave EC-CH8. La investigación no ha podido determinar qué actuaciones se habían realizado al sistema de cables y camisas del sistema de frenos. Documentalmente no se pudo obtener ninguna información puesto que no existía ninguna anotación en el libro de aeronave, el propietario sólo lo era desde hacía 6 meses y, además, desconocía qué actuaciones se habían hecho anteriormente. Si bien respecto al motor había anotaciones detalladas, respecto a la célula no se ha podido obtener ninguna información de mantenimiento.

Esta situación se produce por dos factores: en primer lugar, el hecho de que en este tipo de aeronaves el mantenimiento es responsabilidad del propietario y, en segundo lugar, el hecho de

que el Manual de Usuario de Vuelo y Mantenimiento no incluya ninguna actuación específica de este sistema.

### **3. CONCLUSIÓN**

#### **3.1. Constataciones**

- El sistema de freno de la aeronave de la aeronave EC-CH8, por su diseño, generaba rozamiento del cable de freno con superficies metálicas en diferentes puntos de la zona de los pedales.
- El sistema de frenos presentaba diferencias respecto a lo indicado en el Manual de Montaje de la aeronave.
- El sistema de frenos de la aeronave presentaba evidencias de un mantenimiento deficiente.
- La documentación no incluía ninguna anotación sobre el mantenimiento realizado a la aeronave, aunque sí lo hacía del motor.
- La documentación del fabricante no incluía actuaciones de mantenimiento específicas del sistema de frenos ni de otros sistemas.
- Se produjo la rotura del cable de freno del pedal derecho del piloto.
- La aeronave sufrió una asimetría de frenado.
- La aeronave sufrió una salida de pista por el margen izquierdo de la pista 27.
- El accidente se produjo durante el recorrido de aterrizaje en el aeródromo de Villaverde.

#### **3.2. Causas/Factores contribuyentes**

La causa de la pérdida de control direccional ocurrida a la aeronave EC-CH8 fue el frenado asimétrico que se produjo tras la rotura del cable del freno del pedal derecho del piloto. Se consideran como factores contribuyentes:

- El diseño y la instalación del sistema de frenos en la zona de los pedales, que origina el rozamiento del cable de freno.
- La ausencia de un mantenimiento adecuado del sistema de frenos, que produjo que este rozamiento acabase cortando el cable de freno.

#### **4. RECOMENDACIONES**

REC 06/22: Se recomienda a Cedimex Aviación que revise el diseño y la instalación del sistema de frenos de modo que minimice la posibilidad de desgaste y rozamiento del cable de freno y su posterior rotura.