

INFORME DE SEGURIDAD OPERACIONAL

Expediente: EX-2022-19711494- -APN-DNISAE#JST

Suceso: Accidente

Título: Pérdida de control en vuelo. Robinson R22 Beta, matrícula LV-KBQ, zona rural
20 km NE Canals, provincia de Córdoba

Fecha y hora del suceso: 27 de febrero de 2022 a las 22:30 horas (UTC)

Dirección Nacional de Investigación de Sucesos Aeronáuticos

Junta de Seguridad en el Transporte

Florida 361

Argentina, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, C1005AAG

(54+11) 4382-8890/91

info@jst.gob.ar

Publicado por la JST. En caso de utilizar este material de forma total o parcial se sugiere citar según el siguiente formato: Aviación. Accidente. LV-KBQ. Privado, zona rural 20 km NE Canals, provincia de Córdoba. Fuente: Junta de Seguridad en el Transporte, 2024.

El presente informe se encuentra disponible en www.argentina.gob.ar/jst

ÍNDICE

SOBRE LA JST	4
SOBRE EL MODELO SISTÉMICO DE INVESTIGACIÓN	5
LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS	7
INFORME DE SEGURIDAD OPERACIONAL	8
1. INFORMACIÓN SOBRE LOS HECHOS	9
1.1 Reseña del vuelo	9
1.2 Investigación.....	10
2. ANÁLISIS.....	20
3. CONCLUSIONES.....	22
3.1 Conclusiones referidas a factores relacionados con el accidente	22
3.2 Conclusiones referidas a otros factores de riesgo de seguridad operacional identificados por la investigación	22
4. ACCIONES DE SEGURIDAD OPERACIONAL	23

SOBRE LA JST

La misión de la Junta de Seguridad en el Transporte (JST) es mejorar la seguridad a través de la investigación de accidentes e incidentes y la emisión de recomendaciones de acciones eficaces. Mediante la investigación sistémica de los factores desencadenantes, se evita la ocurrencia de accidentes e incidentes de transporte en el futuro.

De conformidad con la [Ley N.º 27.514](#) de seguridad en el transporte, la investigación de todo suceso tiene un carácter estrictamente técnico y las conclusiones no deben generar presunción de culpa ni responsabilidad administrativa, civil o penal.

Según el artículo 26 de la [Ley N.º 27.514](#), la JST puede realizar estudios específicos, investigaciones y reportes especiales acerca de la seguridad en el transporte.

Esta investigación ha sido efectuada con el único objetivo de prevenir accidentes e incidentes, según lo estipula la ley de creación de la JST.

Los resultados de este Informe de Seguridad Operacional no condicionan ni prejuzgan investigaciones paralelas de índole administrativa o judicial que pudieran ser iniciadas por otros organismos u organizaciones con relación al presente suceso.

SOBRE EL MODELO SISTÉMICO DE INVESTIGACIÓN

La JST ha adoptado el modelo sistémico para el análisis de los accidentes e incidentes de transporte modales, multimodales y de infraestructura conexa.

El modelo ha sido ampliamente adoptado, como así también validado y difundido por organismos líderes en la investigación de accidentes e incidentes a nivel internacional.

Las premisas centrales del modelo sistémico de investigación de accidentes son las siguientes:

- Las acciones u omisiones del personal operativo de primera línea o las fallas técnicas del equipamiento constituyen los factores desencadenantes e inmediatos del evento. Estos constituyen el punto de partida de la investigación y son analizados con referencia a las defensas del sistema de transporte junto a otros factores, que en muchos casos se encuentran alejados en tiempo y espacio del momento preciso de desencadenamiento del evento.
- Las defensas del sistema de transporte procuran detectar, contener y ayudar a recuperar las consecuencias de las acciones u omisiones del personal operativo de primera línea o las fallas técnicas del equipamiento. Las defensas se agrupan bajo tres entidades genéricas: tecnología, normativa (incluyendo procedimientos) y entrenamiento.
- Los factores que permiten comprender el desempeño del personal operativo de primera línea o la ocurrencia de fallas técnicas, así como explicar las fallas en las defensas, están generalmente alejados en el tiempo y el espacio del momento de desencadenamiento del evento. Son denominados factores sistémicos, y están vinculados estrechamente a elementos tales como, por ejemplo, el contexto de la operación, las normas y procedimientos, la capacitación del personal, la gestión de la seguridad operacional por parte de la organización a la que reporta el personal operativo y la infraestructura.

En consecuencia, la investigación basada en el modelo sistémico tiene el objetivo de identificar los factores relacionados con el accidente, así como otros factores de riesgo de seguridad operacional que, aunque no guarden una relación de causalidad con el suceso investigado, tienen potencial desencadenante bajo otras circunstancias operativas. De esta manera, la investigación sistémica buscará mitigar riesgos y prevenir accidentes e incidentes

a partir de Recomendaciones de Seguridad Operacional (RSO) que promuevan acciones viables, prácticas y efectivas.

LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS¹

AD: *Airworthiness directive* (Directivas de Aeronavegabilidad)

ANAC: Administración Nacional de Aviación Civil

EMU: *Engine monitoring unit*

FAA: *Federal Aviation Administration* (Administración Federal de Aviación -Estados Unidos)

JST: Junta de Seguridad en el Transporte

LAD: Lugar apto denunciado

OACI: Organización de Aviación Civil Internacional

POH: *Pilot's Operating Handbook*

RAAC: Regulaciones Argentinas de Aviación Civil

RPM: Revoluciones por minuto

TAR: Taller Aeronáutico de Reparación

UTC: Tiempo Universal Coordinado

¹ Con el propósito de facilitar la lectura del presente informe, se aclaran por única vez las siglas y abreviaturas utilizadas.

INFORME DE SEGURIDAD OPERACIONAL

Fecha	27/02/2020	Lugar	Zona rural 20 km NE Canals, provincia de Córdoba	Coordenadas			
Hora UTC	22:30 ²			S	33°	29'	47"
				W	62°	41'	02"

Categoría	Pérdida de control en vuelo	Fase de Vuelo	Aproximación	Clasificación		
				Accidente		

Aeronave				Matrícula	LV-KBQ
Tipo	Helicóptero	Marca	Robinson	Modelo	R22 Beta
Propietario	Privado			Daños	De importancia
Operación	Aviación general - placer				

Tripulación	
Función	Tipo de Licencia
Piloto	Piloto Privado de Helicóptero

Lesiones	Tripulación	Pasajeros	Otros	Total
Mortales	0	0	0	0
Graves	0	0	0	0
Leves	0	0	0	0
Ninguna	1	1	0	2

² Todas las horas están expresadas en Tiempo Universal Coordinado (UTC), que para el lugar y fecha del accidente corresponde al huso horario -3.

1. INFORMACIÓN SOBRE LOS HECHOS

1.1 Reseña del vuelo

El 27 de febrero de 2022 la aeronave matrícula LV-KBQ, un Robinson R22 Beta, despegó del Lugar Apto Denunciado (LAD) 2905 en la localidad de Canals (provincia de Córdoba) a las 22:15 horas, en un vuelo local -placer-.

Luego de 15 minutos de vuelo, durante la fase de aproximación para un aterrizaje de práctica en un campo, se encendieron las alarmas de RPM³. El piloto realizó una autorrotación y luego de tomar contacto con el terreno, la aeronave volcó. Como consecuencia del suceso, la aeronave resultó con daños en su célula y en los rotores principal y de cola.

El accidente ocurrió de día y en buenas condiciones meteorológicas.



Figura 1. Aeronave LV-KBQ tras el accidente. Fuente: investigación JST

³ Revoluciones por minuto

1.2 Investigación

El suceso fue notificado a la Junta de Seguridad en el Transporte 24 horas después de ocurrido. La aeronave fue removida sin autorización y no se tomaron fotografías en el lugar. Para el traslado de la aeronave, se cortaron las palas del rotor principal. La caja y el conjunto de palas del rotor de cola no fueron encontrados por el propietario y el equipo de investigación no tuvo acceso al lugar del suceso (que era un campo privado).

De acuerdo con la entrevista al piloto, cuando realizaba la aproximación para un aterrizaje de práctica en un campo, con aproximadamente 200 pies de altitud y 50 nudos de velocidad, se encendió luz de indicación de "altas revoluciones por minuto"⁴ y escuchó la alarma del rotor de la aeronave. Procedió a cerrar el acelerador de forma manual sin observar cambios en las revoluciones y tomó la decisión de hacer una autorrotación cuando también se encendió la luz de "clutch"⁵. Mientras realizaba la maniobra se encendió la luz y alarma sonora de "bajas RPM"⁶. Al tomar contacto con el terreno, la aeronave realizó un vuelco por izquierda.

Al abandonar la aeronave, el piloto observó que las correas de transmisión se encontraban fuera de las poleas. De las imágenes obtenidas de la aeronave (ver figura 2) se pudo constatar el desplazamiento de estas.

⁴ Indica que la velocidad del rotor se está aproximando al límite de 110% RPM.

⁵ Indica que el circuito del actuador del *clutch* (embrague) se encuentra operando y la luz se encenderá transitoriamente hasta que las correas alcancen la tensión adecuada. El *clutch* es el que permite la transmisión de la potencia del motor de la aeronave al rotor.

⁶ Indica que la velocidad del rotor se encuentra por debajo del 97% RPM.

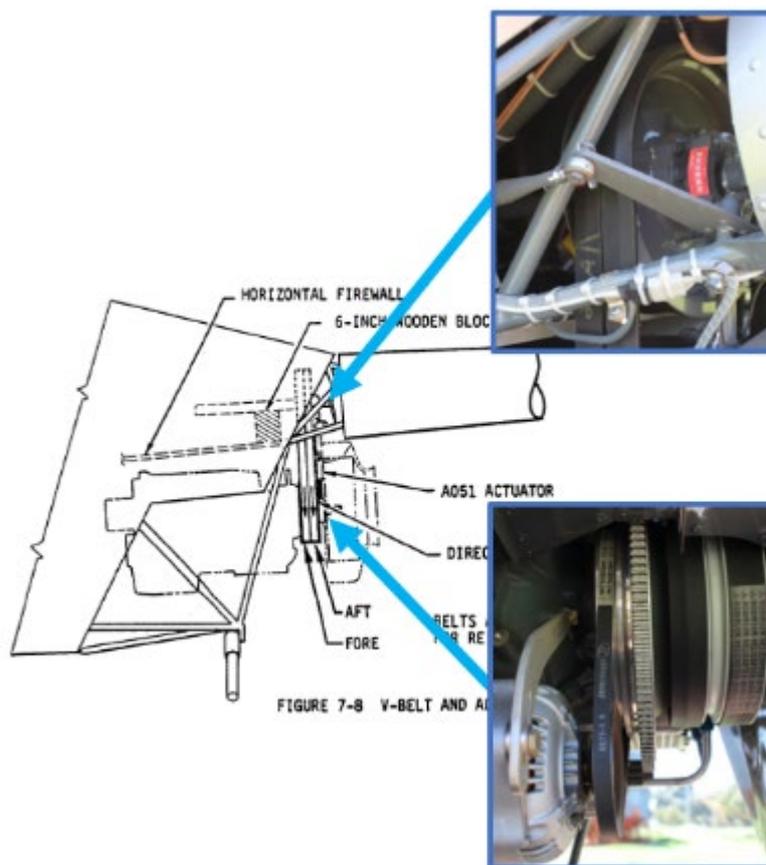


Figura 2. Desplazamiento de las correas de transmisión. Fuente: investigación JST

La experiencia del piloto era la siguiente:

Horas de vuelo	General	En el tipo
Total general	192,9	32,5
Últimos 90 días	22,9	22,9
Últimos 30 días	11,2	11,2
Últimas 24 horas	0,0	0,0
En el día del suceso	1,7	1,7

Tabla 1

El piloto obtuvo la habilitación tipo de R22 el 23 de diciembre de 2021.

El helicóptero había sido adquirido en noviembre de 2021 y, de acuerdo con el historial de la aeronave, acumulaba 27,9 horas al momento del suceso.

En sus historiales se registra la obtención del certificado de aeronavegabilidad de exportación emitido el 3 de junio de 2021 por la *Federal Aviation Administration* (FAA) de Estados Unidos. El 23 de noviembre de 2021, el Taller Aeronáutico de Reparación (TAR) Hangar Uno S.A. (1B-

006) realizó los trabajos necesarios de acuerdo al plan de inspecciones vigente recomendado por el fabricante para la emisión del certificado de aeronavegabilidad estándar en base a:

- Documentación original emitida por el fabricante *Robinson Helicopter Company*;
- Documentación original emitida por el fabricante *Lycoming*;
- Reportes de estado del plan de inspecciones y reemplazos según las Regulaciones Argentinas de Aviación Civil (RAAC) Parte 91 "Reglas de vuelo y Operación General", sección 91.409 (f) (3);
- Estado de cumplimiento de las Directivas de Aeronavegabilidad (AD); y
- Listado de alteraciones/reparaciones mayores, con fecha.

Datos obtenidos de la unidad de monitoreo de motor

El helicóptero contaba con una unidad de monitoreo de parámetros de motor (EMU, *engine monitoring unit*) de la que se obtuvieron los siguientes datos:

Summary Report		Aircraft Type: R22 Alpha		
EMU Firmware Version: 1.2.2.17		Aircraft Serial Number: 4846		
EMU Date: 07-03-2022 15:53:38				
Total Recorded Hours: 32,149				
Last Reset Date (DD-MM-YYYY): 27-04-2021 20:59:20 GMT				
Exceedance Flags		Exceedance Counts		
Rotor Freq Exceeded	Yes	Rotor Freq Exceeded	2	
Engine Freq Exceeded	Yes	Engine Freq Exceeded	1	
CHT Exceeded	No	CHT Exceeded	0	
Oil Temp Exceeded	No	Oil Temp Exceeded	0	
Event Summary				
Name	Operating Limit	Maximum Occurrence	2nd Highest Exceedance	3rd Highest Exceedance
Rotor Speed (%)	110	132,0 27-02-2022	112,2 23-12-2021	
Rotor Speed (RPM)	561	673,2 22.09.07.2	572,1 16.35.48.0	
Engine Speed (%)	104	133,0 27-02-2022		
Engine Speed (RPM)	2652	3392,2 22.09.07.0		
Cyl Head Temp (°F)	500	401,4 03-12-2021		
Cyl Head Temp (°C)	260	205,2 15.19.24.6		
Oil Temp (°F)	245	186,7 10-02-2022		
Oil Temp (°C)	118	85,9 16.54.40.7		

Figura 3. Resumen de eventos registrados. Fuente: EMU



Figura 4. Registro de % de RPM de motor y rotor principal. Fuente: EMU

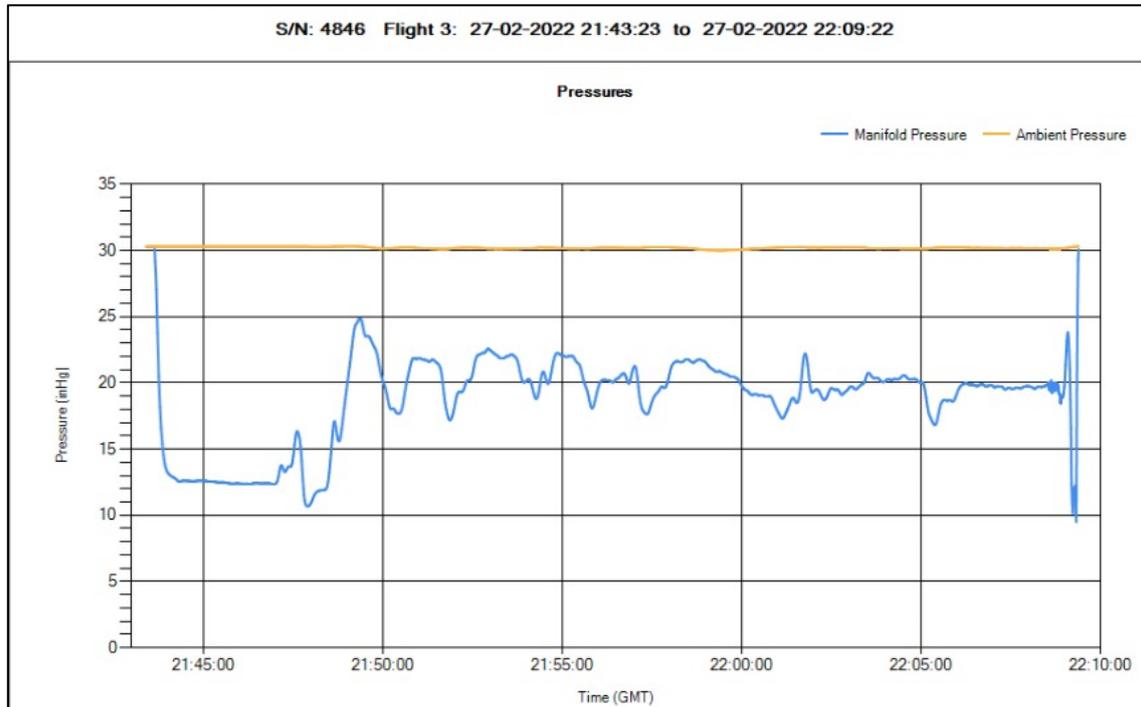


Figura 5. Registro presión de manifold. Fuente: EMU

Informe de examen de los restos del R22 LV-KBQ elaborado por Robinson

Tras el accidente, la aeronave fue trasladada al taller del fabricante para su inspección, reparación y retorno al servicio, a partir de lo cual se elaboró un informe de los daños encontrados.

Allí, el fabricante expresa que el botalón (*boom*) de cola resultó con daños compatibles con un posible golpe de pala del rotor principal, que separó la sección de popa, dañó el empenaje y las palas del rotor de cola. Además, las palas del rotor principal evidencian un daño derivado del contacto con el suelo.

La correa de transmisión trapezoidal delantera se desplazó una ranura hacia adelante en la polea de engranaje inferior y la correa de transmisión trapezoidal posterior se desplazó una ranura hacia atrás en la polea superior (ver figura 2 y figura 6). No había indicios de que las correas trapezoidales hubieran estado funcionando en esta posición, lo cual es congruente con el salto de las correas debido al impacto contra el terreno. El único daño al sistema de accionamiento fue relacionado con el golpe de pala del rotor principal sobre el cono de cola.

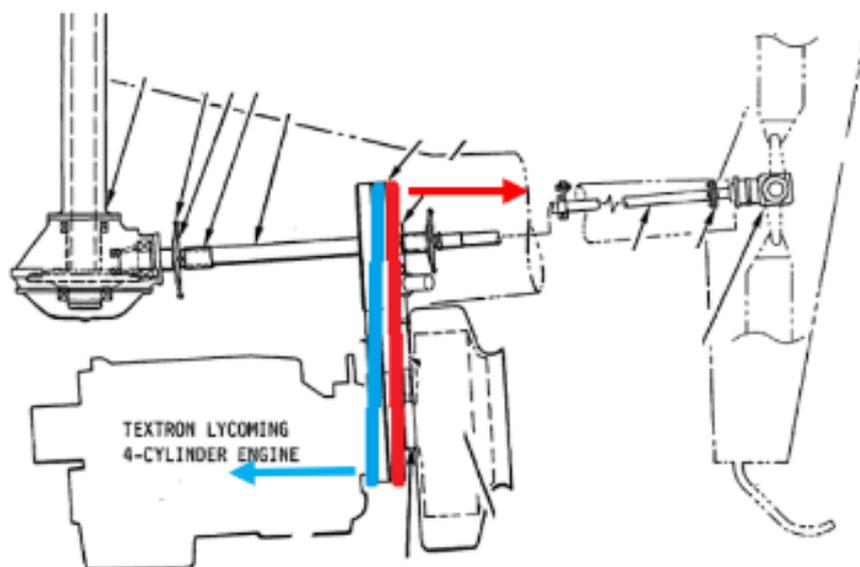


Figura 6. Desplazamiento de las correas de transmisión. Fuente: investigación JST

El tacómetro y el regulador de RPM del motor se ensayaron en banco según los estándares de producción y no presentaron anomalías.

Los datos recuperados de la unidad de monitoreo del motor (ver figura 3) revelaron una sobrevelocidad en las RPM del rotor principal y del motor, alcanzando velocidades de 132% y 133%, respectivamente. Un examen de los rodamientos de los husillos de las palas del rotor principal reveló una fricción severa cuando estos eran girados a mano.

Las marcas de rozamiento en una de las caras de la polea superior junto a marcas de raspadura en la superficie frontal del actuador de tensión de correa indicaron que el motor estaba girando al momento del impacto contra el terreno.

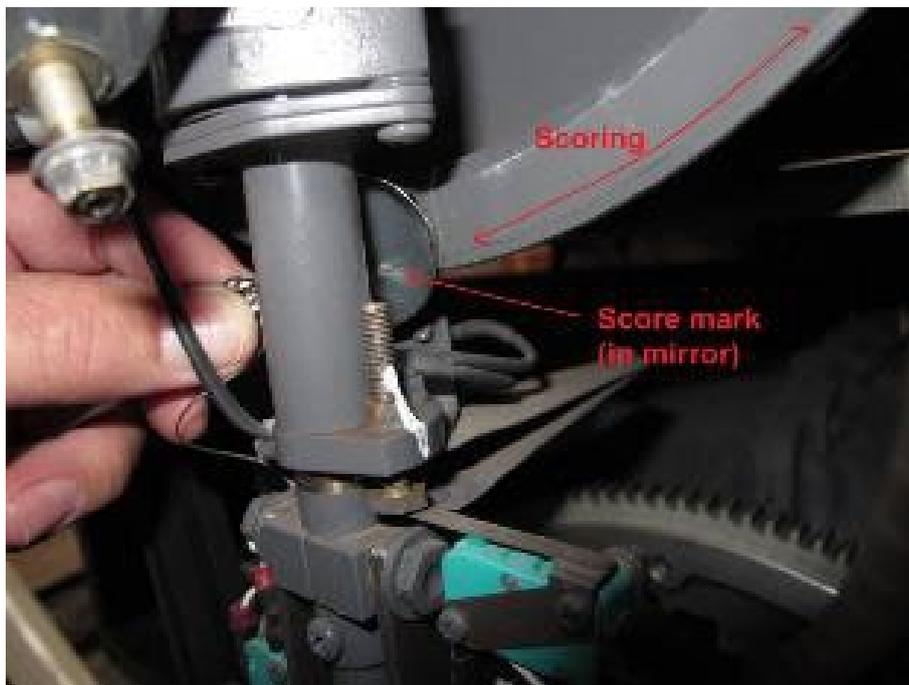


Figura 7. Marcas de rozamiento. Fuente: informe del fabricante *Robinson*

El examen del mazo de cables en el compartimiento del motor reveló que un cable se había separado de su conector (ver figura 8). Este cable es uno de los dos utilizados para enviar una señal desde los puntos de acoplamiento en el magneto derecho del motor al tacómetro A792-5 (ver figura 9), que proporciona la indicación de las RPM del motor. La separación de este cable haría que la aguja de RPM del motor cayera por debajo del 50% (esencialmente a cero) sin ningún efecto en el funcionamiento real del motor. En un mismo sentido, no genera la activación de ninguna alarma visual o audible en cabina.



Figura 8. Conector C143-1. Fuente: informe del fabricante *Robinson*



Figura 9. Indicador de RPM del motor (E) y rotor principal (R). Fuente: investigación JST

El precinto plástico cuya función es asegurar que los dos conectores permanezcan juntos provocó una tensión indebida sobre uno de los cables, lo que causó su desconexión.

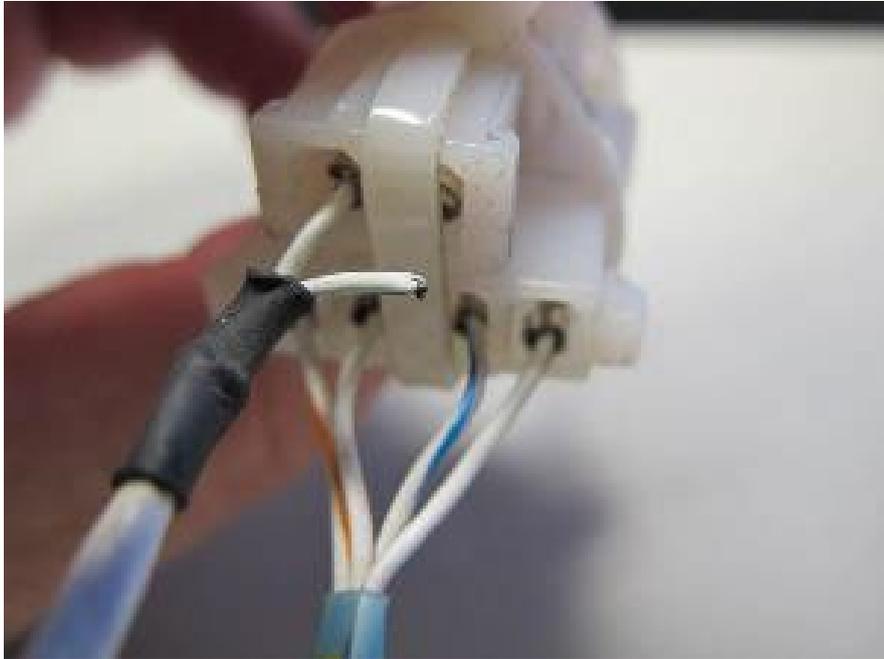


Figura 10. Precinto plástico. Fuente: informe del fabricante *Robinson*

Producto del suceso, el fabricante brindó a todo el personal implicado en las fases de producción, incluidos inspectores, una formación adicional sobre el armado correcto del cableado.

Sistema de Alarmas del Helicóptero

De acuerdo con el manual de operación de la aeronave (*Pilot's Operating Handbook - POH*) y lo manifestado por el fabricante, la aeronave contaba con el siguiente sistema de alarmas referidas al funcionamiento del motor y rotor principal de la aeronave:

Alarmas visuales:

- BAJAS RPM: indica una velocidad del rotor por debajo del 97% RPM.
- CLUTCH: indica que el circuito del actuador del embrague está encendido, ya sea enganchado o desenganchado. Cuando el interruptor está en la posición de

enganchado, la luz permanece encendida hasta que las correas estén tensionadas adecuadamente.



Figura 11. Panel de alarmas visuales. Fuente: investigación JST

Según a la sección 7 del POH (descripción de sistema), una vez que el motor está en marcha, se acopla al sistema de transmisión del rotor mediante correas trapezoidales que se tensan y levantan la polea de transmisión superior. Un actuador eléctrico, situado entre las poleas de transmisión, levanta la polea superior cuando el piloto acciona el interruptor del embrague. El actuador detecta la carga de compresión (tensión de la correa) y se desconecta cuando las correas trapezoidales están bien tensadas. La luz de precaución del embrague (*clutch*) se enciende siempre que el circuito del actuador está activado, ya sea conectando, desconectando o retensando las correas. La luz permanecerá encendida hasta que las correas estén correctamente tensadas o completamente desembragadas.

Alarmas sonoras:

- BAJAS RPM: la indicación sonora es provista por un parlante ubicado en un panel lateral de la consola de instrumentos [...]. La alarma sonora se activa simultáneamente con la alarma visual de BAJAS RPM e indica velocidad del rotor por debajo de 97% RPM.

- **ALTA RPM INTERMITENTE:** en las últimas aeronaves, una intermitencia (tono alto / bajo) en el sistema de audio indica que la velocidad de rotor está aproximándose al límite de 110% RPM.
-

2. ANÁLISIS

El análisis se basó en determinar tanto los aspectos técnicos como operativos que contribuyeron a la ocurrencia del suceso. La demora en la notificación del suceso, el traslado de la aeronave y la imposibilidad de acceder al lugar donde ocurrió el accidente limitaron la obtención de información valiosa para el análisis.

2.1 Aspectos operativos y técnicos

De acuerdo con la entrevista realizada al piloto, se encendió la luz de indicación de "altas revoluciones por minuto" y escuchó la alarma del rotor de la aeronave. Procedió a cerrar el acelerador de manera manual sin observar cambios en las revoluciones y tomó la decisión de hacer una autorrotación cuando se encendió la luz de "clutch"; durante la maniobra se encendió la luz y alarma sonora de "bajas RPM". Al tomar contacto con el terreno, la aeronave realizó un vuelco por izquierda.

Del análisis de los datos registrados por la EMU se desprende que los valores de motor y rotor se encontraban en un rango normal de operación hasta el momento en que se cerró el acelerador hasta ralentí (10 inHg aproximadamente, ver figura 5). En ese momento, se observa que las revoluciones del rotor comienzan a acelerarse hasta sobrepasar los límites permitidos, probablemente debido a una brusca bajada del paso colectivo durante la práctica de aproximación y aterrizaje en el campo.

Al sobrepasarse los límites de revoluciones del rotor, se puede inferir que esto haya arrastrado a las revoluciones de motor y motivado el encendido de la luz de *clutch* al desacoplarse por vueltas. Una intermitencia (tono alto/bajo) en el sistema de audio debió haber llamado la atención al indicar que la velocidad de rotor se estaba aproximando al límite de 110% RPM (alcanzó 132% - 673,2 RPM de velocidad), condición que rápidamente cesó al caer abruptamente la indicación a cero (ver figura 4); coincidente con el momento del impacto con el terreno.

Sobrepasar los límites de operación de rotor (sobrevelocidad) genera una pérdida de sustentación desde los extremos hacia el centro de las palas y un incremento del régimen de descenso vertical. Esta condición probablemente llevó al piloto a realizar una desaceleración brusca de la aeronave con la aplicación simultánea de los comandos cíclico y colectivo. Esta maniobra podría haber generado el descenso de la puntera de la pala hasta golpear con el

cono de cola y cortarlo, desprendiendo la caja de 90°, el rotor de cola y el estabilizador vertical. Asimismo, la desaceleración y caída de RPM generarían la activación de las alarmas de BAJAS RPM (audible y visual).

La separación del cable que muestra el informe del fabricante habría ocasionado que la aguja de RPM del motor cayera por debajo del 50% sin ningún efecto en el funcionamiento del motor ni el encendido de la alarma audible de altas RPM de rotor. No fue posible identificar si la separación del cable se produjo en vuelo o tras el aterrizaje brusco.

De acuerdo con lo informado por el fabricante, el armado del conector que falló por tensión indebida del precinto plástico no corresponde con las prácticas estándares aceptadas. Durante la investigación no fue posible determinar en qué fase (fabricación o rearmado de la aeronave en Argentina) se realizó el armado del mencionado conector.

3. CONCLUSIONES

3.1 Conclusiones referidas a factores relacionados con el accidente

- ✓ Durante la fase de aproximación para un aterrizaje de práctica en un campo, se encendió la luz de altas RPM y el piloto realizó una autorrotación
- ✓ Al cerrarse el acelerador y bajar el paso colectivo para iniciar la autorrotación, se encendió la luz de *clutch*
- ✓ En la toma de contacto con el terreno, el rotor principal cortó el boom de cola y la aeronave volcó por izquierda
- ✓ La investigación no pudo determinar fehacientemente el contexto debido al cual la maniobra de autorrotación no fue efectiva
- ✓ El desplazamiento de las correas de transmisión se produjo por el impacto con el terreno
- ✓ Los datos recuperados de la unidad de monitoreo del motor evidenciaron una sobrevelocidad de 132% en las RPM del rotor principal y de 133% en las RPM del motor

3.2 Conclusiones referidas a otros factores de riesgo de seguridad operacional identificados por la investigación

La investigación identificó dos factores, sin relación de causalidad con el accidente, pero con potencial impacto en la seguridad operacional:

- ✓ Uno de los cables del sensor de indicación de RPM del motor se cortó por tensión indebida del precinto plástico; no se pudo identificar el momento en de ocurrencia
 - ✓ El evento fue notificado a la JST de manera tardía
-

4. ACCIONES DE SEGURIDAD OPERACIONAL

La evidencia obtenida por la investigación y su análisis no sugiere acciones concretas de seguridad operacional.

JST | SEGURIDAD EN
EL TRANSPORTE



República Argentina - Poder Ejecutivo Nacional
AÑO DE LA DEFENSA DE LA VIDA, LA LIBERTAD Y LA PROPIEDAD

Hoja Adicional de Firmas
Informe gráfico

Número:

Referencia: LV-KBQ - Informe de Seguridad Operacional

El documento fue importado por el sistema GEDO con un total de 24 pagina/s.