CIAIAC

COMISIÓN DE
INVESTIGACIÓN
DE **A**CCIDENTES
E **I**NCIDENTES DE
AVIACIÓN **C**IVIL

Informe técnico A-026/2016

Accidente ocurrido el día 17 de julio de 2016, a la aeronave PZL W-3AS, matrícula EC-LQA, operada por Hispánica de Aviación (HASA), en Villanueva de la Cañada (Madrid)

GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE FOMENTO

Informe técnico

A-026/2016

Accidente ocurrido el día 17 de julio de 2016, a la aeronave PZL W-3AS, matrícula EC-LQA, operada por Hispánica de Aviación (HASA), en Villanueva de la Cañada (Madrid)

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO
SUBSECRETARÍA
COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACIÓN CIVIL

© Ministerio de Fomento
Secretaría General Técnica
Centro de Publicaciones

NIPO Línea: 161-19-008-5

NIPO Papel: 161-19-007-X

Deposito Legal: M-2926-2019

Maquetación: ASAP Global Solution S.L.

Impresión: Centro de Publicaciones

COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACIÓN CIVIL

Tel.: +34 91 597 89 63
Fax: +34 91 463 55 35

E-mail: ciaiac@fomento.es
http://www.ciaiac.es

C/ Fruela, 6
28011 Madrid (España)

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. 5.5 del Reglamento (UE) n.° 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, 4 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

ABREVIATURAS vi

SINOPSIS viii

1. INFORMACION FACTUAL 1
- 1.1 Antecedentes del vuelo 1
- 1.2 Lesiones personales 4
- 1.3 Daños a la aeronave 5
- 1.4 Otros daños 5
- 1.5 Información sobre el personal 6
  - 1.5.1 Comandante 6
  - 1.5.2 Segundo piloto.. 6
- 1.6 Información sobre la aeronave 6
  - 1.6.1 Historial de mantenimiento y operatividad del helicóptero 7
  - 1.6.2 Máximos de potencia del helicóptero 8
- 1.7. Información meteorológica 8
- 1.8. Ayudas para la navegación 9
- 1.9 Comunicaciones 9
- 1.10 Información de aeródromo 9
- 1.11 Registradores de vuelos 10
  - 1.11.1 Vuelo previo al evento 11
  - 1.11.2 Evento 12
  - 1.11.3 Vuelo posterior al evento 15
  - 1.11.4 Comunicaciones en el incendio 18
  - 1.11.5 Análisis de los 42 vuelos previos 19
- 1.12 Información sobre los restos de la aeronave siniestrada y el impacto 20
- 1.13. Información médica y patológica 21
- 1.14 Incendio 21
- 1.15 Aspectos relativos a la supervivencia 21
- 1.16 Ensayos e investigaciones 22
  - 1.16.1 Análisis del combustible 22
  - 1.16.2 Declaración del piloto 22
  - 1.16.3 Declaración de los brigadistas 23
  - 1.16.4 Sistema de combustible y procedimiento de compensación 25
  - 1.16.5 Procedimiento MOTORING THE ENGINE (“CRANK”) o ventilado del motor 26
  - 1.16.6 Emergencias de motor 29
  - 1.16.7 Campos en la trayectoria de vuelo 33
- 1.17 Información sobre organización y gestión 34
  - 1.17.1 Real Decreto RD 750/2014 y su material orientativo 34

1.17.2 Operación de lucha contra incendios en HASA 37
1.18 Información adicional 47
1.18.1 Accidente A-031/2016 del operador HASA 47
1.19 Técnicas de investigación útiles o eficaces 48
2. ANÁLISIS 49
2.1 Inicio del evento: cierre de la válvula de corte de combustible del motor 1 50
2.2 Combustión en el motor 1 a los 9 seg del evento 52
2.3 Motor funcionando a régimen de ralentí 54
2.4 Focalización y consecuencias en la velocidad y el rumbo 57
2.5 Decisión de aterrizar fuera de campo 58
2.6 Maniobra de aproximación y toma 59
2.7 Comunicación de la emergencia: a la brigada y al exterior 60
2.8 Transporte de la brigada y su material 62
2.9 Diseño y documentación de la actividad de LCI de HASA 63
2.10 Revisión de la operación de LCI de HASA 69
2.11 Procedimientos del Manual de Vuelo del helicóptero PZL W-3AS 71
2.11.1 Procedimiento "Excess of Fuel in Either Engine Group of Cells" 72
2.11.2 Procedimiento "Engine Restart in Flight" 72
2.11.3 Valores de TOT máximas para el arranque de un motor 72
2.11.4 Procedimiento "Motoring the engine" 73
2.11.5 Preactivación obligatoria del dispositivo 2.5 min OEI 73
3. CONCLUSIONES 74
3.1 Constataciones 74
3.2 Causas/Factores contribuyentes 79
4. RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD OPERACIONAL 81

Abreviaturas

ºC	Grado centígrado
AESA	Agencia Estatal de Seguridad Aérea
AEMET	Agencia Estatal de Meteorología
CECOP	Centro de Coordinación de Servicios de Emergencias
cm	Centímetro
CM1	Piloto 1 (en tierra)
CM2	Piloto 2 (en tierra)
COE	Certificado de operador especial
CRM	Gestión de los recursos de la tripulación
CVR	Registrador de voces en cabina (cockpit voice recorder)
EASA	Agencia Europea de Seguridad Aérea (European Aviation Safety Agency)
FDR	Registrador de datos de vuelo (flight data recorder)
ft	Pie
GPS	Sistema de posicionamiento global por satélite
h	Hora
HASA	Hispánica de Aviación, S.A.
Hb	Altitud de presión
Hp	Caballos de vapor
Hz	Hertzio
HPa	Hecto Pascal
IFR	Reglas de vuelo instrumental
INFOSA	Ingeniería Forestal, S.A.
KIAS	Velocidad calibrada en nudos
km	Kilómetro
Km/h	Kilómetros por hora
kt	Nudo
l	Litro
LCI	Lucha contra incendios
LDA	Distancia para el aterrizaje disponible (landing distance available)

m	Metro
min	Minuto
MO	Manual de Operaciones
MPA	Aeronave certificada para 2 o más pilotos (multi pilot aircraft)
MPO	Operación para 2 o más pilotos (multi pilot operation)
MPP	Procedimientos para 2 o más pilotos (multi pilot procedure)
MVH	Manual de vuelo de la aeronave
N	Norte
N1	Velocidad de la productora de gas (en %)
Nr	Revoluciones del rotor principal (en %)
OEI	Un motor inoperativo (one engine inoperative)
PF	Piloto a los mandos (pilot flying)
PNF	Piloto no a los mandos (pilot not flying)
QNH	Presión atmosférica en el nivel medio del mar
RD	Real Decreto
RFM	Manual de vuelo de la aeronave
S/N	Número de la serie
SAR	Salvamento y rescate (search and rescue)
SL	Carta de servicio (service letter)
SOP	Procedimientos de Operación Estándar
SPA	Aeronave certificada para 1 piloto (single pilot aircraft)
SPO	Operación para 1 piloto (single pilot operation)
SPP	Procedimientos para 1 piloto (single pilot procedure)
seg	Segundo
TOT	Temperatura de salida de turbina (turbine outlet temperatura)
TQ	Torque
VFR	Reglas de vuelo visual
V_x	Velocidad con el mejor ángulo de ascenso
Vy	Velocidad de mejor régimen de ascenso
W	Oeste

Sinopsis

Propietario y operador:	Hispánica de Aviación, S.A. (HASA)
Aeronave:	WSK-PZL PZL W-3AS, matrícula EC-LQA
Fecha y hora del accidente:	Domingo, 17 de julio de 2016, 19:42 hora local[1]
Lugar del incidente:	Villanueva de la Cañada (Madrid)
Personas a bordo:	2 pilotos (heridos leves)
	10 especialistas de lucha contra incendios (5 heridos leves y 5 ilesos)
Tipo de vuelo:	Trabajos aéreos – comercial – lucha contra incendios
Reglas de vuelo:	VFR
Fase de vuelo:	En ruta
Fecha de aprobación:	30 de octubre de 2018

Resumen del accidente:

El domingo 17 de julio de 2016, a las 19:42 h, el helicóptero EC-LQA, PZL W3AS, operado por Hispánica de Aviación (HASA) con 12 personas a bordo, realizó un aterrizaje de emergencia en un terreno de cultivo durante el vuelo de regreso desde un incendio, debido a una emergencia en el motor 1 (izquierdo).

El motor 1 había sido parado por error mediante la actuación sobre la válvula de corte de combustible (fuel shutoff valve) de ese motor en la ejecución de un procedimiento rutinario. La investigación ha determinado que el motor 1 se paró, pero que a los 50 seg del cierre de la válvula el motor estaba funcionando a régimen de ralentí, sin que se haya podido determinar de entre dos hipótesis cuál fue el proceso de reencendido. La tripulación no identificó que el motor estaba funcionando de nuevo y mantuvo su idea de que el motor aún estaba parado.

Ante esta situación, y después de intentar un rearranque en vuelo, la tripulación decidió realizar una toma fuera de campo para arrancar el motor, durante la cual el helicóptero volcó sobre su costado derecho. Las personas a bordo, 2 pilotos y 10 brigadistas, abandonaron el helicóptero por sus propios medios.

[1]. La referencia horaria utilizada en este informe es la hora local.

La investigación ha determinado que la causa probable del accidente del helicóptero EC-LQA fue la incorrecta ejecución de la toma de emergencia tras la realización de una maniobra de aproximación que no mantuvo los valores de velocidad, altura y trayectoria adecuados.

Se consideran posibles factores contribuyentes:

- La falta de cumplimiento con la distribución de funciones para la "operación monopiloto con dos pilotos con procedimientos para un piloto".

- La formación ineficaz de la tripulación en habilidades técnicas (sistemas y procedimientos de operación normales y en emergencia del helicóptero), que produjo que:

  - No se identificara la naturaleza de la emergencia y el estado de funcionamiento de los motores.

  - Se ejecutaran de forma incorrecta, incompleta o no se aplicasen procedimientos durante el vuelo y la emergencia.

  - No se utilizasen las listas de comprobación en ningún momento de la operación.

- La formación ineficaz de la tripulación en habilidades no técnicas (CRM) adaptadas a la "operación monopiloto con dos pilotos con procedimientos para un piloto", que produjo:

  - Una focalización de los dos miembros de la tripulación en la TOT y en la búsqueda del campo.

  - Que se desatendiesen las actividades de vuelo básicas como mantener la velocidad o monitorizar parámetros e indicadores de cabina.

  - Precipitación por aterrizar afectando a la elección del campo.

  - La falta de liderazgo del comandante durante la emergencia.

  - La supervisión e instrucción del segundo piloto sobre el comandante durante la emergencia.

- La infravaloración del riesgo para la seguridad con las decisiones tomadas durante el vuelo, que produjo que:

- No se valoraran zonas de aterrizaje más seguras para la toma.

- No se comunicase la emergencia a la brigada ni al CECOPS.

- La ambigüedad en la definición, descripción y desarrollo documental de la operación de LCI por parte de HASA en su Manual de Operaciones de LCI Y SAR.

- La falta de supervisión sobre la realidad de las operaciones de LCI de HASA en relación a la operación teórica diseñada y descrita en su Manual de Operaciones LCI Y SAR.

El informe contiene 13 recomendaciones de seguridad operacional con distintos destinatarios: el fabricante de la aeronave PZL-´Swidnik, el operador Hispánica de Aviación (HASA), la Dirección General de Emergencias de la Comunidad de Madrid como responsable del servicio y la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA).

1. INFORMACIÓN FACTUAL

1.1. Antecedentes del vuelo

El domingo 17 de julio de 2016, a las 19:42 h, el helicóptero EC-LQA, PZL W-3AS (SOKOL), operado por HASA (Hispánica de Aviación)[2], durante el vuelo de regreso hacia su base después de participar en las labores de extinción de un incendio, realizó un aterrizaje de emergencia en un campo tras una emergencia en vuelo relacionada con el motor 1[3]. Durante la toma de contacto con el terreno el helicóptero volcó. A bordo iban 2 pilotos y 10 brigadistas.

El helicóptero, con indicativo[4] 43.51, estaba destinado en la base de lucha contra incendios de Valdemorillo (Madrid), propiedad de la Comunidad de Madrid, como parte del operativo de extinción de incendios de vegetación de la Comunidad de Madrid[5]. La base, abierta con presencia física de orto a ocaso[6], estaba dotada con un helicóptero, su tripulación y una brigada formada por 10 personas. El tiempo de reacción de la brigada es, según el pliego de prescripciones técnicas, de 11 min.

La mañana del domingo 17 de julio de 2016 la tripulación llegó a la base a las 11:25 h. La tarde del domingo 17 de julio de 2016, el CECOP (centro de coordinación del servicio de emergencias 112 de la Comunidad de Madrid) activó a la brigada helitransportada de la base de Valdemorillo para apoyar en la extinción de un incendio en el término municipal de Casarrubuelos (Madrid), a 44 km en rumbo 150º. La temperatura en la base en ese momento era de 32ºC.

La tripulación accedió al helicóptero y comenzó con la puesta en marcha: en primer lugar arrancaron el motor número 2 (derecho) y después el número 1 (izquierdo). El arranque del motor 2 se produjo sin incidencias y a las 18:50:21 h ya estaba en régimen de ralentí[7]. A esta hora se inició el arranque del motor 1, el cual necesitó dos ciclos de arranque ya que, en el primer intento, el proceso no se completó adecuadamente. Según la tripulación, para realizar el segundo arranque del motor 1 se necesitó bajar la temperatura del motor (TOT)[8]. Para ello, se realizó un "crank"[9] consiguiendo bajar la temperatura del motor 1. Con la TOT dentro de límites, el arranque del motor número 1 se volvió a iniciar a las 18:52:31 h, completándose esta vez sin incidencias. A las 18:53:13 h el motor 1 estaba en régimen de ralentí.

[2]. INFOSA (Ingeniería Forestal SA) era la empresa adjudicataria del servicio de prevención de incendios de la Comunidad de Madrid para la campaña del año 2016. Para prestar este servicio, INFOSA tenía subcontratados los servicios de HASA que aportaba los medios aéreos y las tripulaciones técnicas que se requerían en el pliego. Las brigadas de agentes forestales eran contratadas directamente por INFOSA.

[3]. El motor 1 es el motor izquierdo vista la aeronave desde la posición del piloto.

[4]. Identificación del helicóptero EC-LQA dentro del servicio de extinción de incendios de la Comunidad de Madrid.

[5]. El pliego de prescripciones técnicas de este contrato requería dos helicópteros de brigadas helitransportadas durante 107 días y 170 h de vuelo por helicóptero.

[6]. El horario de presencia física se adaptaba con referencia al ocaso. Para el día del accidente, el horario de presencia física en la base era de 11:25 a 21:25 h, tal y como se definía en el apartado 5.2 Normativa de la campaña de medios aéreos de la Comunidad de Madrid.

[7]. Palanca de motor (control lever) en Ground Idle.

[8]. Temperatura de salida de turbina. Para evitar daños en el motor, la TOT antes del arranque debe ser inferior a 270ºC. En este caso, el primer arranque había producido que la TOT superase este valor.

[9]. "Crank" es el término coloquial para referirse el procedimiento "Motoring the engine" del Manual de Vuelo o "Ventilado del motor" del operador, mediante el cual el motor se hace girar operando el starter con la ignición quitada y la válvula de corte del motor cerrada. Este procedimiento está explicado en el apartado 1.16.5.

A las 18:55:19 h el helicóptero comenzaba el despegue.

El vuelo de traslado al incendio se realizó con normalidad y la tripulación dejó a la brigada en tierra a las 19:10:29 h. A las 19:11:58 h el helicóptero despegaba de nuevo para iniciar su trabajo en el incendio. El punto de recarga de agua estaba a 2250 m, prácticamente al este del incendio y quedaron registrados tres ciclos de carga-descarga del helicóptero.

Figura 1. Vuelo completo de la aeronave

Figura 2. Vuelo en la zona del incendio

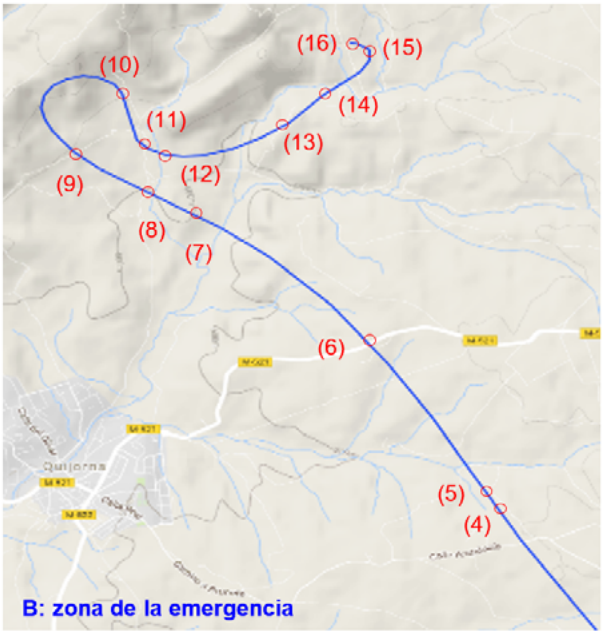


Figura 3. Vuelo en la zona de la emergencia

(1) 18:55:19 Despegue desde la base
(2) 19:26:20 Primer comentario sobre descompensación de combustible
(3) 19:29:16 Clave 5
(4) 19:38:21 Anuncio cierre bomba motor 1
(5) 19:38:25 Cierre válvula de corte motor 1
(6) 19:38:56 Inicio "crank"
(7) 19:39:38 Fin "crank"
(8) 19:38:50 Comandante PF
(9) 19:40:07 Decisión de aterrizar y arrancar el motor en tierra
(10) 19:40:41 Primer campo elegido
(11) 19:41:04 Segundo campo elegido
(12) 19:41:13 Confirmación de campo
(13) 19:41:32 Petición de información sobre viento
(14) 19:41:43 Decisión de aterrizar y virar
(15) 19:42:05 "Mucha pendiente"
(16) 19:42:26 Accidente

Tras no ser necesaria por más tiempo su intervención en el incendio, el helicóptero aterrizó a las 19:25:52 h en el mismo punto donde había dejado a la brigada al inicio del servicio. Durante 2 min 16 seg permaneció en tierra recogiendo a la cuadrilla, el helibalde y todo el material de la brigada. Con el helicóptero en tierra, a las 19:26:20 h se registró una conversación en cabina en la que el segundo piloto proponía al comandante compensar la cantidad de combustible entre depósitos[10]: *"Si quieres podemos intentar compensar, tenemos 300 de diferencia"*. Inmediatamente después recibieron llamadas de la brigada y del coordinador del incendio que les centró en otras tareas y que provocó que no hubiese ningún tipo de acción ni respuesta sobre el desequilibrio de combustible. El helicóptero despegó de nuevo a las 19:28:08 h para emprender el camino de regreso a la base de Valdemorillo con la brigada y todo el material a bordo.

Este despegue se realizó con el segundo piloto como piloto a los mandos. Tras el despegue, el helicóptero realizó una vuelta de reconocimiento sobre el incendio a petición del técnico de la brigada, y a las 19:29:16 h comunicaban a CECOP[11] que pasaban a clave 5[12]*"CECOP, 43.51 clave 5"*. El helicóptero estaba a 43,8 km de la base en rumbo 330º.

Tras 9 min de vuelo, a las 19:38:21 h, el comandante decidió realizar el procedimiento de compensación de combustible entre los depósitos e informó que iba a actuar sobre la bomba de refuerzo (booster pump) del motor 1: *"Voy a cortar la bomba del 1 ¿vale?"*. La acción fue confirmada por el segundo piloto con los siguientes términos *"La bomba del 1"*, pero a las 19:38:25 h se registró el cierre de la válvula de corte de combustible (fuel shutoff valve) del motor 1. Un segundo después, el segundo piloto se había dado cuenta del error y comentaba: *"Esa es la válvula"*. El helicóptero se encontraba a 11,5 km al sureste de la base, volando a 73 KIAS y a 180 m sobre el terreno. La válvula permaneció cerrada durante 5 seg, después de lo cual volvió a abrirse quedando en esa posición hasta el final del vuelo.

A las 19:38:35 h el comandante informaba sobre el rearranque del motor: *"Vamos con un solo motor. Vamos a arrancar"*. Las siguientes comunicaciones en cabina parten del segundo piloto que insiste en no arrancar el motor, en esperar a que baje la temperatura del motor (TOT) y en hacer un "crank" del motor. El inicio del procedimiento del "crank" se registró a las 19:38:56 h. A las 19:39:12 h y 19:39:22 h se escuchaba al comandante confirmar que la temperatura no bajaba y a las 19:39:38 h, el segundo piloto informaba *"Ciclo completo"*, refiriéndose a la finalización del "crank". A las 19:39:46 h se produjo una tercera confirmación de los dos pilotos de que la temperatura del motor estaba en 500ºC y 4 seg después, a las 19:39:50 h, el comandante decidió tomar el control del helicóptero (*"míos los controles"*), traspaso que fue colacionado por el segundo piloto.

[10]. En el caso de que la diferencia de cantidad de combustible entre depósitos supere en un cierto valor, el Manual de Vuelo establece la necesidad de realizar un procedimiento de compensación de combustible, que es el que querían hacer en este caso. Este procedimiento está explicado en el apartado 1.16.4.
[11]. Por la frecuencia TETRA de comunicación en el incendio. Esta comunicación la realizó el técnico de la brigada.
[12]. Código para indicar la desactivación del helicóptero en el incendio.

No hubo más comunicaciones en relación al motor. A las 19:40:07 h, el segundo piloto propuso aterrizar y arrancar el motor: *"Baja si no y lo arrancamos ahí en una explanada"*.

A partir de este momento, las comunicaciones en cabina se centraron en la búsqueda del campo, siendo el segundo piloto el que hizo la selección. A las 19:40:41 h identificó un primer terreno que 4 seg después descartó por excesiva pendiente y, finalmente, a las 19:41:04 h seleccionó el campo definitivo. A las 19:41:13 h el comandante repitió por segunda vez que *"allí tenemos un campo"*. Se encontraba a 1,7 km del punto donde aterrizaron.

En el tramo de acercamiento al campo se registraron dos comunicaciones: una sobre el viento a las 19:41:32 h y otra sobre el punto de toma a las 19:41:43 h: *"voy a virar a mi lado" "voy a aterrizar aquí ¿vale?"*. A las 19:42:05 h se escuchó la última comunicación antes del impacto y en ella el segundo piloto repitió en dos ocasiones que había mucha pendiente e instaba al comandante a irse hacia "su lado"[13].

El contacto con el terreno se registró a las 19:42:26 h y, tras impactar con el tren de aterrizaje, el helicóptero quedó volcado sobre su costado derecho. La zona era un campo de cultivo, de tierra removida, que presentaba huecos de unos 30 cm de profundidad. Todos los ocupantes abandonaron el helicóptero por sus propios medios. El lugar del accidente se encontraba a 7,5 km al sureste de la base.

1.2. Lesiones personales

Lesiones	Tripulación	Pasajeros	Total en la aeronave	Otros
Mortales				
Lesionados graves				
Lesionados leves	2	5	7	
Ilesos		5	5	
TOTAL	**2**	**10**	**12**	

[13]. En este helicóptero, el comandante está sentado a la izquierda y el segundo piloto a la derecha.

1.3. Daños a la aeronave

Los daños afectaron, en mayor medida, al costado derecho sobre el que quedó apoyado el helicóptero. La cabina había mantenido su estructura y no presentaba deformaciones aparentes.

- Estabilizador vertical: se había separado por completo del cono de cola. Al estabilizador horizontal izquierdo le faltaba la mitad de la superficie.

- Motor derecho: resultó dañado, principalmente, en el carenado y tobera de escape.

- Rotores: las tres palas del rotor principal se habían desprendido desde el encastre. Las del rotor de cola habían sufrido daños pero de menor intensidad que las del rotor principal.

- Ventanillas del costado derecho: dos de las tres ventanillas laterales derechas se habían roto.

- Tren de aterrizaje: la estructura del tren principal de aterrizaje presentaba deformaciones.

Figura 4. Estado de la aeronave EC-LQA tras el accidente

1.4. Otros daños

Ninguno.

1.5. Información sobre el personal

1.5.1. Comandante

El comandante tenía 41 años de edad y era de nacionalidad española. Según la información proporcionada por el operador contaba con una Licencia de Piloto Comercial de Helicóptero. Acumulaba una experiencia total de 1245 h[14], de las cuales 1052 h eran en el modelo de helicóptero que operaba el día del accidente. Trabajaba para el operador desde el año 2007, volando desde entonces este modelo. En el momento del accidente era el Responsable de Seguridad de HASA.

Desde el inicio de la campaña 2016 había estado destinado en la base de Valdemorillo. El día del accidente se incorporaba a la actividad después de un periodo de descanso de 10 días. Conocía la base y la zona por campañas anteriores.

Cuatro meses antes del suceso había realizado el entrenamiento recurrente en lucha contraincendios (duración 1 h) con un helicóptero de las mismas características que el que operaba en el accidente.

1.5.2. Segundo piloto

El segundo piloto[15], bajo supervisión (piloto de la compañía que está siendo supervisado por un instructor), de 36 años de edad y nacionalidad española, contaba con una Licencia de Piloto Comercial de Helicóptero. Acumulaba 682 h totales, de las cuales 429 h eran el tipo.

Un mes antes había realizado el entrenamiento recurrente en lucha contra incendios (duración 1:30 h) con un helicóptero de las mismas características que el que operaba en el accidente.

1.6. Información sobre la aeronave

El helicóptero marca WSK-PZL, modelo PZL W-3AS (SOKOL) S/N 310306 es un

[14]. El mínimo requerido por AESA para esta operación es de 600 h y 10 h en el tipo. El Manual de Operaciones LCI y SAR del operador define piloto de alta experiencia, como trasposición literal de lo que establece el RD750/2014, a aquel con más de 600 h de vuelo como piloto al mando, de las cuales 100 h en la actividad. Un piloto inexperto se considera aquel con habilitación que no haya alcanzado 50 h en los 60 días anteriores o 100 h en el tipo (sin limitación de tiempo).

[15]. El Manual de Operaciones LCI y SAR del operador establecía como tripulación mínima para LCI y con el helicóptero SOKOL 1 piloto y un tripulante hasta el año 2017 y después sería obligatorio 2 pilotos (como aplicación del RD750/2014).

helicóptero certificado por la Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA)[16] con capacidad para transportar 14 personas incluidos los pilotos. Tiene dos motores marca PZL Rzestow, modelo PZL-10W. Está aprobado para operar en reglas de vuelo visual (VFR) y la tripulación mínima es de 1 piloto operando desde el asiento izquierdo (en sentido de vuelo)[17].

Era propiedad de Hispánica de Aviación (HASA) y fue matriculado como EC-LQA en el año 2012[18]. Esta empresa contaba con un certificado de operador especial (ES. COE.H04) para realizar actividades de lucha contra incendios y búsqueda y salvamento. Dentro de esta aprobación estaba incluido el helicóptero EC-LQA con el que se podían realizar, entre otras, actividades de lanzamiento de agua desde helicóptero y traslado de personal adicional especializado. Esta aprobación estaba en vigor en el momento del accidente.

Desde el 1 de mayo hasta el 31 de octubre de 2016, el helicóptero prestaba servicio en la brigada helitransportada de Valdemorillo, con el código 43.51, como parte del servicio de extinción de incendios de la Comunidad de Madrid.

1.6.1. Historial de mantenimiento y operatividad del helicóptero

El helicóptero acumulaba 3740 h totales. El motor izquierdo (1) 1307 h y el motor derecho (2) 271 h, siendo estas horas contadas desde la última revisión general. Se revisaron todos los partes correspondientes a la actividad del helicóptero desde el comienzo de la campaña (desde el 1 de mayo hasta el 17 de julio):

- El helicóptero voló un total de 33 h y fue activado un total de 30 veces[19].
- Mantenimientos programados:
  - Revisiones y lubricaciones de 25 h / 15 d / 30 d / 90 d: 14/05/2016, 29/05/2016, 13/06/20106 y 13/07/2016.
  - Aplicación de SL sobre búsqueda de grietas y fisuras: 13/06/2016 y 13/07/2016.

[16]. Certificado en categoría A y categoría B. Esta clasificación tiene que ver con el diseño del helicóptero (redundancia de sistemas, etc). Esta clasificación da una primera información de que en el caso de un fallo del motor, los helicópteros certificados categoría A aseguran la continuidad del vuelo pero los de categoría B no y necesitarán realizar una toma forzosa. El Manual de Vuelo, de hecho, contiene secciones dedicadas específicamente a las operaciones en función de la categoría de certificación.
[17]. Section 1-Limitations (Manual de Vuelo).
[18]. Anteriormente tenía la matrícula SP-SUN (Polonia).
[19]. La revisión del informe de actividad y operatividad del helicóptero proporcionado por la Comunidad de Madrid mostró concordancia con los partes de vuelo en cuanto a horas de activación, desactivación (clave 5), inoperatividad (clave 0) y horas de llegada a la base (clave 6).

- Revisiones de 25 h de motores, lavado de compresor y otras actuaciones: 28/05/2016 y 28/06/216.

- Mantenimientos no programados (como consecuencia de discrepancias anotadas en los partes):

  - Actuaciones sobre el indicador de TQ del motor, el horizonte artificial y/o separación de agujas: 6/06/2016, 14/06/2016, 2/07/2016, 4/07/2016 y 11/07/2016.

  - Cambio del motor número 2 (derecho) tras arranque fallido el 29/06/2016. Este cambio de motor se realizó entre los días 29/06/2016 y 1/07/2016.

La semana previa al accidente el helicóptero realizó vuelos todos los días a excepción del miércoles.

A partir de los consumos anotados en los partes, se estima un consumo de unos 400 l de combustible en el vuelo del accidente. El parte del vuelo de accidente registró una anotación de cantidad de combustible al inicio del mismo de 1050 l. Es decir, en el momento del accidente el helicóptero tendría aproximadamente 650 l de combustible.

1.6.2. Máximos de potencia del helicóptero

Por diseño del helicóptero, existen tres regímenes de funcionamiento de los motores:

- normal con dos motores operativos,

- régimen incrementado con un motor inoperativo durante 30 min (OEI 30 min): en caso de fallo de un motor, el segundo motor, de forma automática, entra a operar en régimen de potencia incrementada, que proporciona N1=98% y TQ=121%.

- régimen máximo con un motor inoperativo durante 2.5 min (OEI 2.5 min): en caso de fallo de un motor, puede seleccionarse que el segundo motor opere a la máxima potencia durante 2.5 min, proporcionando N1=102% y TQ=139%. Sólo funcionará en este régimen si se cumple que la N1 de un motor es inferior al 58% (motor inoperativo) y se mantiene pulsado un botón (identificado como 2.5 OEI) en la empuñadura del colectivo.

1.7. Información metereológica

Teniendo en cuenta los datos de la estación de AEMET a 10 km del lugar del

accidente, las imágenes del satélite, datos radar y avisos de fenómenos adversos, la situación más probable en el momento del accidente era la siguiente:

- Viento de dirección N, muy flojo (alrededor de 6 km/h) y rachas máximas de 12 km/h.
- Buena visibilidad en superficie y sin nubosidad.
- 36ºC, QNH 1016 HPa y un 22% de humedad relativa.

1.8. Ayudas para la navegación

Por la naturaleza del vuelo, éste no fue registrado por el sistema de control de tráfico aéreo.

1.9. Comunicaciones

Por la naturaleza del vuelo, éste no estuvo en comunicación con ninguna dependencia de control de tráfico aéreo. Las comunicaciones de coordinación con el director del incendio y el resto de unidades aéreas se realizaron por las frecuencias del incendio. Estas quedaron registradas en el CVR y las de interés para la investigación se han incluido en el apartado 1.1 Reseña del vuelo y en el apartado 1.11 Registradores de vuelo.

1.10. Información de aeródromo

El helipuerto Base Contraincendios de Valdemorillo es propiedad de la Comunidad de Madrid[20]. Fue construido en el año 2005-2006 y en el año 2013 se inició un estudio para poder certificar el helipuerto. En este estudio se analizaba el estado del helipuerto en relación con la normativa vigente y concluyó con la necesidad de realizar una serie de actuaciones para cumplir con la normativa. Estas actuaciones afectaban a la ampliación del perímetro del área de seguridad, a la adaptación de la señalización, a la modificación del vallado y a la tala y/o trasplantado de 33 árboles que penetraban en las superficies limitadoras de obstáculos de las aproximaciones principal y secundaria.

Las obras de acondicionamiento de la base finalizaron en noviembre de 2015 a excepción de las acciones relacionadas con los árboles, ya que necesitaban autorización del ayuntamiento de Valdemorillo. Las actuaciones sobre los árboles se realizaron en noviembre de 2017.

[20]. El titular y gestor de la misma es la Dirección General de Protección Ciudadana.

El helipuerto, a fecha del accidente, tenía las siguientes características:

- Elevación: 868 m
- Orientaciones para aproximación-despegues: preferente 13-31 y secundaria 28 -10.
- Helicóptero de diseño: PZL W3A
- Tipo de Operación: Vuelo visual VFR
- Clase de performance[21]: 2
- LDA: 37,7 m.
- USO: restringido a operaciones de emergencia y de prevención y extinción de incendios.

El campo en el que se realizó el aterrizaje era una superficie rectangular dedicada al cultivo. El punto de toma tenía una elevación de 640 m. Tenía una orientación prácticamente norte-sur (350º). Las dimensiones del terreno eran de 206 m de ancho y 600 m de largo, con una pendiente de un 2,9% en sentido transversal (aumentando hacia el oeste) y un 3,7% en sentido longitudinal (aumentando hacia el norte). El límite de pendiente establecido por el Manual de Vuelo es de 5% para las condiciones meteorológicas del día del vuelo.

1.11. Registradores de vuelo

La aeronave iba equipada con dos registradores de vuelo: un FDR (registrador de datos de vuelo) NAVCOM SYSTEMS modelo BUR-1 2 296, S/N 60148 y un CVR (registrador de voces de cabina) del mismo fabricante, modelo MARS 70A-10M, S/N 275031. Ambos registradores proporcionaron información sobre el vuelo. El FDR

[21]. Aunque en parte de la documentación consultada se indica que está diseñado para clase de performance 2 y 3, en la documentación oficial de la Comunidad de Madrid aparece únicamente performance 2. Además de la certificación categoría A y B de los helicópteros, desde el punto de vista de la operación, se definen tres clases de performance: performance clase 1, 2 y 3. Los helicópteros certificados en categoría A podrán hacer operaciones clase 1, 2 y 3. Los helicópteros certificados en categoría B podrán hacer operaciones clase 3. Las performances son capacidades de operación del helicóptero basadas en capacidades del motor en función del peso, temperatura, altitudes de decisión para mantener la línea de vuelo, capacidad de abortar o continuar la maniobra de despegue o aterrizaje de forma segura o no. La operación en performance clase 1 implica que el helicóptero, en caso de fallo de motor, será capaz de aterrizar en la distancia disponible para abortar el despegue o continuar con el despegue de forma segura. La operación en performance clase 2 implica que, en caso de fallo de motor, el helicóptero será capaz de continuar con el vuelo salvo si el fallo ocurre de forma temprana en el despegue o tardía en el aterrizaje, en cuyo caso deberá hacer un aterrizaje forzoso. La operación en performance clase 3 implica que un fallo de motor en cualquier momento del vuelo implica un aterrizaje forzoso.

contenía 50 h de grabación[22]. El CVR contenía 39 min, que cubrieron desde las 19:05:04 h (5 min antes de que el helicóptero llegara al incendio) hasta el final del vuelo. También se recuperó un GPS GARMIN 296 S/N 10704013, que contenía un fichero con varios vuelos, incluido el del accidente. En este apartado se presenta la información integrada de los tres dispositivos: FDR, CVR y GPS.

Respecto al FDR, al principio del vuelo el registro de parámetros fue continuo (un registro por segundo), pero a partir de la segunda toma para recoger a la brigada, los datos se grabaron con muchas interrupciones, en algunas ocasiones con más de 10 segundos sin registrar. Aun así, los datos de los que se dispone fueron suficientes para determinar las operaciones realizadas durante el vuelo. La información sobre el vuelo se presenta en tres fases: vuelo previo al evento, evento y vuelo posterior al evento. En general, y salvo que se especifique lo contrario, las referencias a parámetros de motores se refieren al motor 1 (izquierdo).

1.11.1. Vuelo previo al evento

Arranque de motores y despegue:

- Entre arranques sucesivos del motor 1 transcurrieron 2 min 10 seg (por debajo de los 3 min que establece el Manual de Vuelo).

- El "crank" realizado entre arranques mostró que la N1 máxima alcanzada fue del entorno del 20% (el procedimiento del Manual de Vuelo indica que debe alcanzarse al menos un 14%).

- En el momento de la ignición del combustible durante los dos arranques del motor 1, la TOT ascendió hasta 636ºC y 679ºC.

- Durante el proceso de arranque (con la palanca del motor en la posición de START), el TQ=2%.

- Una vez finalizado el proceso de arranque (con la palanca del motor en la posición de GROUND IDLE), y con el helicóptero en tierra antes del despegue, los valores se estabilizaron en N1=71% TOT=476ºC TQ=20%.

- El despegue se produjo con un rumbo de 100º aproximadamente, en la orientación de despegue secundaria de la base.

[22]. Las 50 h correspondieron a 43 vuelos. El FDR registraba 24 parámetros continuos y 44 discretos. Se validó la coherencia de todos ellos excepto del parámetro Hb (Pressure altitude) ya que presenta variaciones bruscas en momentos de operaciones niveladas (hasta ±20 m en un intervalo de 1 segundo estando el helicóptero en tierra). La información de altitud se obtuvo del GPS.

- Durante el arranque del motor 1 se produjo un aviso de baja presión de aceite que desapareció cuando las N1 superaron el 41%.

Vuelos de traslado previos al cierre de la válvula de corte de combustible del motor 1:

- El vuelo de traslado hacia el incendio se realizó con una velocidad indicada media de 72 KIAS y el de regreso desde el incendio a 68,5 KIAS.

- Los dos motores funcionaron a un régimen similar N1=90% TOT=580-600ºC y TQ=76%.

1.11.2. Evento

La descripción realizada del evento se presenta utilizando el tiempo transcurrido desde el mismo. Por lo tanto la referencia t=0 seg se refiere al momento del evento.

t=0 seg (19:38:25 h) Cierre de la válvula de corte de combustible del motor 1:

- En el momento del cierre de la válvula de combustible del motor 1 (shutoff valve) el motor 1 desarrollaba N1=92% TOT= 585ºC TQ=73%. El helicóptero volaba a 73 KIAS a 180 m sobre el terreno.

- t=+1 seg. Inmediatamente comenzaron a bajar el TQ, N1 y TOT y el segundo piloto confirmaba el corte de la válvula.

- t=+5 seg. Los valores habían descendido hasta TQ=1%, N1=24% (por debajo del 58% correspondiente a un motor operativo) y TOT=420ºC. La velocidad descendió hasta los 66 KIAS (4 kt por debajo de la velocidad Vy establecida por el Manual de Vuelo para las condiciones del día del accidente).

- Como consecuencia de que N1 había descendido por debajo de 58% se activó el aviso acústico de parada de motor (pitido de 4 seg) y apareció el aviso de baja presión de aceite en el motor 1.

- Inmediatamente los parámetros N1 y TQ del motor 2 aumentaron y después fluctuaron hasta estabilizarse, supliendo la falta de potencia del motor 1 y manteniendo las revoluciones del rotor principal Nr en niveles normales de funcionamiento.

t=+6 seg (19:38:31 h): Apertura de la válvula de corte de combustible:

- A los 6 seg el comandante volvió a abrir la válvula de corte de combustible. Esta válvula no se volvería a actuar durante el vuelo. El helicóptero estaba volando a 61 KIAS.

- t=+9 seg. Tres segundos después de registrarse la apertura de la válvula, la TOT había ascendido de manera brusca hasta los 623ºC, por encima incluso de la temperatura que llevaba antes del suceso. Esta temperatura estaba en el rango de las alcanzadas durante los ciclos de encendido al comienzo del vuelo (636ºC y 679ºC). La TOT siguió aumentando hasta los 650ºC.

t=+10 seg (19:38:35 h): Decisión de arrancar el motor e interrupción del proceso de arranque:

- A los 10 seg del inicio de la emergencia, el comandante anunció *"Vamos con un solo motor. Vamos a arrancar"*. En ese momento N1=25% TOT=628ºC y TQ=1%. La velocidad del helicóptero era de 60 KIAS y estaba a 178 m sobre el terreno.

- Tras esta decisión, se sucedieron una serie de conversaciones centradas en la temperatura del motor. Durante 13 seg el segundo piloto insistió repetidamente en esperar, en bajar la temperatura del 1 y en hacer un "crank".

- t=+21 seg. A las 19:38:46 h, como parte de estas comunicaciones del segundo piloto hacia el comandante, se registró la siguiente *"Baja, baja la palanca del 1. No, no, no arranques, baja, eso es"*. La N1=24% TQ=1% TOT=650ºC. La velocidad era de 56 KIAS.

t=+31 seg (19:38:56 h): Ejecución del procedimiento "crank" o "motoring the engine":

- t=+25 seg. Se escuchó al segundo piloto: *"Espera, espera, crank del 1, muy bien"*.

- t=+31 seg. N1 empezó a aumentar como consecuencia de la aplicación del procedimiento del "crank" o "motoring the engine". Este aumento fue desde el 25% hasta el 73%. La velocidad del helicóptero era de 52 KIAS y estaba a 166 m sobre el terreno.

- t=+39 seg. Como consecuencia de este aumento de N1 por encima del 41%, la bomba de aceite empezó a funcionar y desapareció el aviso de baja presión de aceite.

- t=+50 seg. Se registraron conversaciones de los dos pilotos vigilando la temperatura del motor 1. Ésta empezó a descender a las 19:39:15 h desde los 681ºC hasta los 474ºC, pero no bajó de ahí (el Manual de Vuelo establece una temperatura inferior a 270ºC para arrancar el motor).

t=+64 seg (19:39:29 h): Fin del "crank" y decisión de cambio de mandos:

- Los parámetros del motor se estabilizaron desde las 19:39:29 h en N1=73% TQ=11% y TOT=474ºC. Estos valores se mantuvieron hasta el final del vuelo.

- Segundos después el segundo piloto anunció *"ciclo completo"*, refiriéndose al "crank" y los dos pilotos confirmaron que la temperatura era de 500ºC.

- t=+86 seg (19:39:50 h). Ante esta situación, el comandante decidió tomar los controles del helicóptero. La velocidad era de 39 KIAS y el helicóptero estaba a 187 m sobre el terreno.

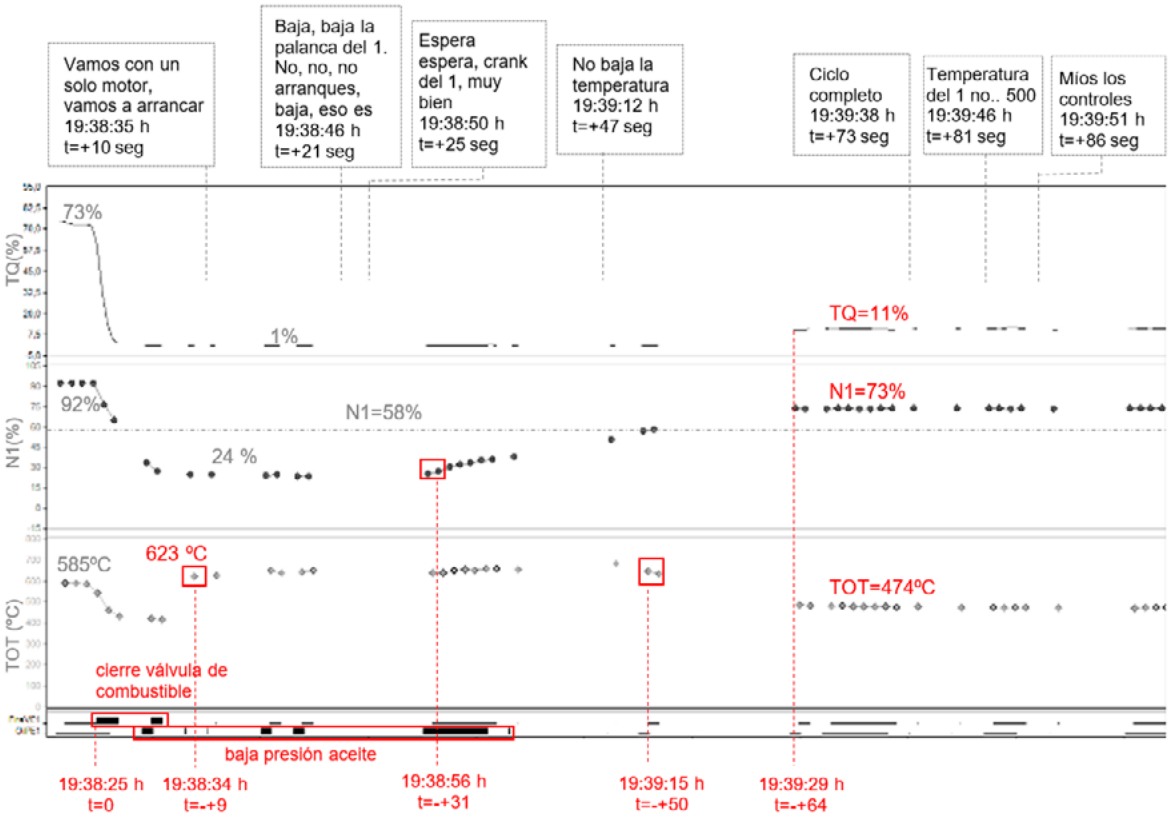


Figura 5. Comportamiento del motor 1 (izquierdo) durante el evento

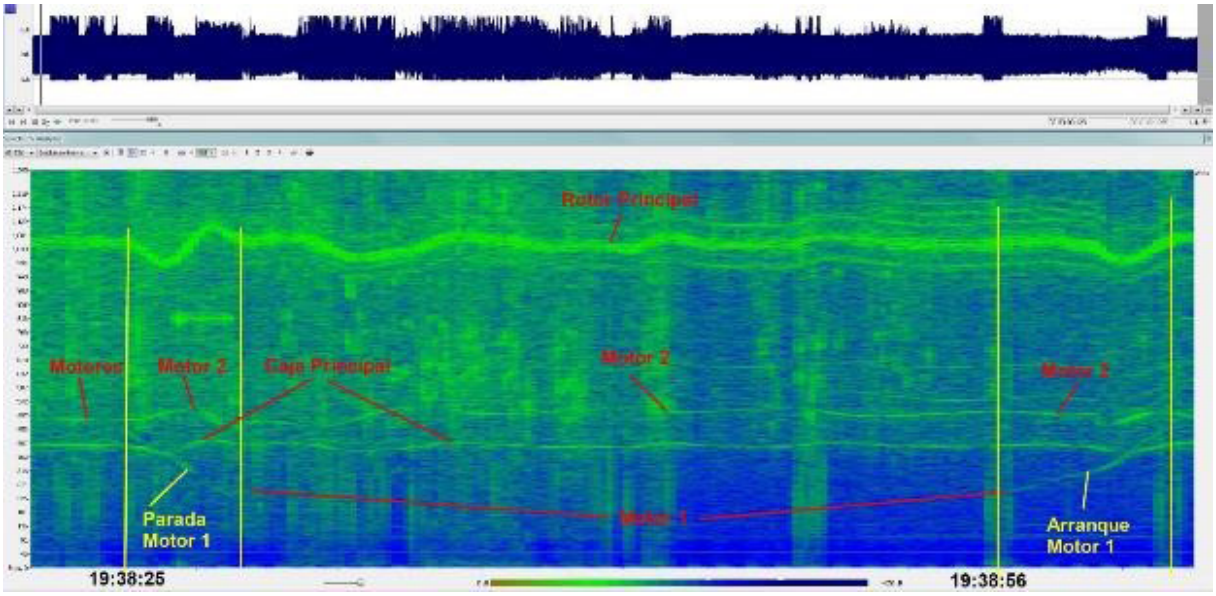
El análisis del sonograma[23] del CVR confirmó los datos que mostraba el FDR, en cuanto al comportamiento de la N1 durante el evento. Se identificaron tres frecuencias de interés:

[23]. Representan los ruidos de forma visual, en la que el eje X es el tiempo, el eje Y la frecuencia en Hz y la intensidad del color de cada píxel representa los decibelios.

- 1029 Hz: correspondiente al rotor principal en funcionamiento normal (100%).

- 407 Hz: correspondiente a la caja principal y que es proporcional al rotor principal.

- 497 Hz: correspondiente a la caja de accesorios movida por la turbina de gases y proporcional a N1. En esta línea de frecuencia se identifica claramente un descenso cuando se corta la válvula y una reaparición incrementándose su frecuencia tras iniciar el "crank", es decir, asociado a N1.



1.11.3. Vuelo posterior al evento

Decisión de aterrizar para arrancar el motor y viraje hacia la derecha (19:40:07 h – 19:40:41 h):

- Tras tomar los mandos el comandante (19:39:29 h), éste no realizó ninguna comunicación en cabina y el vuelo continuó en el mismo rumbo previo al evento, acercándose hacia una zona donde el terreno se elevaba hasta los 710 m.

- A las 19:40:07 h, el segundo piloto propuso aterrizar y arrancar el motor en tierra, decisión que fue aceptada inmediatamente por el comandante. El helicóptero se encontraba a 41 KIAS y 149 m sobre el terreno.

- El helicóptero ejecutó un viraje para no adentrarse en la zona montañosa, hasta situarse en sentido contrario al inicial. Durante este viraje la velocidad se mantuvo en el entorno de los 40 KIAS.

Viraje hacia la izquierda y disminución de la velocidad (19:40:41 h – 19:41:28 h):

- Finalizando el viraje a derechas, se inició otro hacia la izquierda (19:40:41 h), bordeando la elevación del terreno. Durante este viraje, el segundo piloto propuso dos campos para aterrizar. La velocidad del helicóptero durante este tramo disminuyó de forma importante desde los 40 KIAS hasta los 25 KIAS.

- Esta disminución de velocidad hasta los 25 KIAS (19:41:08 h) supuso que las revoluciones del rotor principal Nr bajasen al 96%, reaccionando el motor 2 con un incremento de N1= 98% y de TQ=107%.

- Según fue finalizando el viraje, la velocidad se recuperó algo a la vez que el comandante confirmaba que veía un campo (19:41:13 h). El helicóptero estaba a 31 KIAS y a 83 m sobre el terreno.

- El fin del viraje se produjo a las 19:41:28 h con la aeronave a 42 KIAS y a 97 m.

Decisión de aterrizar y aproximación (19:41:28 h – 19:42:26 h):

- Tras finalizar el viraje, el helicóptero inició una fase de vuelo en un rumbo mantenido en la que la velocidad se mantuvo en los 42 KIAS y, planificando la toma, el comandante solicitó información del viento al segundo piloto, aunque no pudieron obtener ninguna referencia (vegetación) para su estimación.

- A las 19:41:43 h el comandante decidió aterrizar *"Voy a virar a mi lado y voy a aterrizar aquí ¿vale?"*. Se encontraban a 620 m del punto final de toma, a 43 KIAS y a 81 m sobre el terreno. A partir de este momento, se inició una fase de disminución de la velocidad y de altitud, correspondiente a la aproximación.

  - De la aproximación se identifican las siguientes partes:

    - Inicio de la aproximación (19:41:43 h): helicóptero a 43 KIAS y a 81 m sobre el terreno.

    - Descenso (19:41:43 h – 19:42:04 h): durante 21 seg se mantuvo el rumbo en 50º aproximadamente. La velocidad disminuyó de 43 KIAS a 11 KIAS. Al final de esta fase, el helicóptero se encontraba a 58 m sobre el terreno. El régimen de descenso estimado fue de 1-1,29 m/seg.

- Recogida y viraje (19:42:04 h): tras este descenso el helicóptero modificó su rumbo virando hacia la izquierda situándose en rumbo norte, en sentido longitudinal al campo. Sin embargo este rumbo norte no se mantuvo hasta la toma sino que se realizó un segundo viraje hacia la izquierda en rumbo 306º a la vez que se ejecutaba la recogida (flare). El registrador de datos grabó actuaciones sobre las palancas del cíclico (desplazamiento hacia el piloto) y colectivo (desplazamiento hacia arriba) que produjeron un aumento en el ángulo de cabeceo del helicóptero desde los 5º hasta los 11º y una disminución de la velocidad hasta los 11 KIAS. El helicóptero se encontraba a 58 m sobre el terreno, a 130 m del punto de la toma y 11 KIAS. Este viraje coincidió con el comentario del segundo piloto sobre la pendiente del terreno *"Mucha pendiente mucha pendiente, vente para mi lado"*. Con este último viraje, el helicóptero se orientó perpendicularmente al campo, es decir, a lo ancho, en sentido de pendiente ascendente.

- Toma de contacto (19:42:23 h – 19:42:26 h): La toma de contacto se inició a 4 KIAS, a 5 m sobre el terreno, con una actitud de cabeceo positivo de 13º, la palanca de colectivo completamente desplazada y en rumbo 286º. Las revoluciones del rotor descendieron hasta el 88% y el TQ del motor 2 ascendió hasta 108%. El motor 1, que se había mantenido en los mismos valores desde el evento, registró un incremento de TQ desde un 11 a un 21% y un ligero incremento de la TOT. Tras el volcado del helicóptero, el motor 1 continuaría arrancado durante 20 seg más, registrando un incremento primero y una disminución después de los valores de TQ, N1 y TOT.

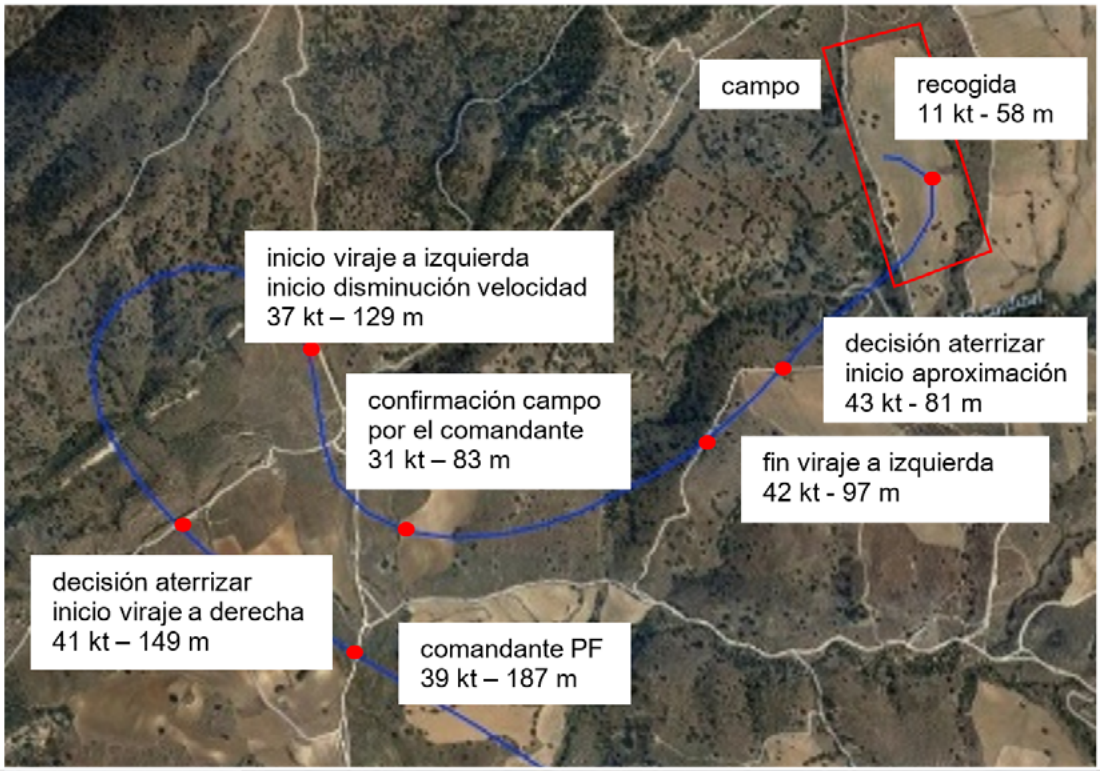


Figura 6. Últimos minutos de vuelo (velocidades y alturas respeto al terreno)

1.11.4. Comunicaciones en el incendio

Las comunicaciones durante las labores de extinción de incendios se presentan siguiendo las diferentes fases de la operación de LCI que están definidas en el MO de HASA en su procedimiento "PROCEDIMIENTO DE GESTIÓN DEL ESPACIO AÉREO, CARRUSEL Y DE CARGA DE AGUA" HASA-OPS.SOP10, edición 2 de 2016 (que se incluye en el apartado 1.17.2). Este procedimiento indica que, para cada fase de la operación LCI, la tripulación (PF y PNF) debe realizar determinadas comunicaciones. Estas comunicaciones se han incluido en el apartado 1.17.2 y se referencian aquí con números al principio de cada comunicación.

- Comunicaciones en la aproximación a las zonas de carga. Se realizaron 3 aproximaciones, dos de ellas (1 y 3) por el comandante y la número 2 por el segundo piloto. Para esta fase el operador define 10 comunicaciones. En el incendio se hicieron las siguientes sin que se hiciese en ninguna de las ocasiones la comprobación de la descarga de agua en emergencia:

  1. "Libre de tráficos, libre de cables" (en aproximación 1) "libre" (en aproximación 2)
  2. "Seguimos precedente" (en aproximación 1)
  4. "Tu lado es OK y cola libre" (en aproximación 2 y 3) "cola libre" (en aproximación 3)
  5. "Bambi libre" (en aproximación 1 y 2)
  6. "OK" (en aproximación 1)
  8. "OK" (en aproximación 1)

- Comunicaciones en descarga de agente extintor (hubo 3 descargas). En esta fase el operador define 8 comunicaciones. En la segunda descarga, en que el segundo piloto iba a los mandos, la descarga fue realizada por el comandante sin ser notificada al segundo piloto. En el incendio se hicieron las siguientes:

  33. "Sigue al precedente" (en descarga 1)
  39. "Ha sido buena" (en descarga 1) "¿Ya has descargado tú? (en descarga 2)

- Comunicaciones en aterrizajes con bambi dentro (hubo 1 aterrizaje). Se correspondió con la llegada al incendio para que la brigada desembarcase. El técnico abandonó el helicóptero sin confirmar a la tripulación que han dejado todo correctamente (puerta cerrada, etc.). En esta fase el operador define 10 comunicaciones. En el incendio se hicieron las siguientes:

11. "A la vista uno solo"
12. "Entro detrás del helicóptero en descarga"
16. "Cola OK"
20. "Abro yo la mía" (se refiere a la puerta para ver el desembarco de la brigada) "Estamos OK"

- Comunicaciones en aterrizajes con bambi fuera (hubo 1 aterrizaje). Se correspondió con la llegada para recoger a la brigada. En esta fase el operador define 11 comunicaciones. En el incendio se hicieron las siguientes:

  11. "Libre de tráfico, por aquí tienes libre si no te mueves"
  12. "A la esquina"
  16. "Por aquí libre" "Por aquí tienes libre si no te mueves"
  25. "Pones tu freno quito el mío, vale?" "Quito mi freno"

- Comunicaciones en caso de embarcar brigada (hubo 1 embarque). En esta fase el operador define 3 comunicaciones. En el incendio se hicieron las siguientes:

  28. "Aquí atrás estamos listos" (comunicación realizada por la brigada)

- Comunicaciones en despegues (hubo 2 despegues, uno tras dejar a la brigada y otro para regresar a la base). En el segundo despegue se produjeron dos eventos: la transferencia de mandos, en el despegue, del segundo piloto al comandante para cerrar su puerta y el segundo la interrupción del despegue por parte del técnico para solicitar un vuelo de reconocimiento del incendio. En esta fase el operador define 4 comunicaciones. En el incendio se hicieron las siguientes:

  29. "Estoy listo salida" (despegue 2)
  30. "OK. Saliendo" (despegue 1)

1.11.5 Análisis de los 42 vuelos previos

Se revisaron los 42 vuelos previos registrados en el FDR. Los datos no mostraron que fuese necesario usar el procedimiento de "crank" en ningún otro vuelo a excepción del vuelo del accidente. Se revisaron las trayectorias de aproximación y despegue realizadas desde la base. Los resultados fueron los siguientes:

- Aproximaciones: se utilizaba la secundaria (28) y en un porcentaje bajo de las ocasiones. No se utilizó en ninguno de los casos la aproximación preferente (13).

- Despegue: eran completamente aleatorias. No se identificaba un patrón predominante ni en la orientación preferente (31) ni secundaria (10). En un porcentaje elevado de las ocasiones el rumbo del despegue estaba orientado al incendio.

1.12. Información sobre los restos de la aeronave siniestrada y el impacto

La aeronave había quedado en un terreno de barbecho, de suelo aterronado que presentaba huecos de hasta 30 cm de profundidad. Las coordenadas del lugar del impacto eran 40º27´47´´N 4º02´05´´W perteneciente al término municipal de Villanueva de la Cañada. El helicóptero había quedado con orientación 310º.

Se extrajo todo el combustible del helicóptero. Del depósito delantero se extrajeron 100 l. Del trasero no se pudo extraer nada, ya que se había producido una rotura en el tanque y había caído al suelo, siendo muy intenso el olor a combustible en la zona del accidente.

En el lugar donde se encontraba el helicóptero volcado, se identificaban con claridad dos marcas en el terreno producidas por las dos ruedas del tren principal de aterrizaje. La izquierda de menor profundidad y la derecha de mayor profundidad donde, de hecho, había quedado semienterrada la rueda.

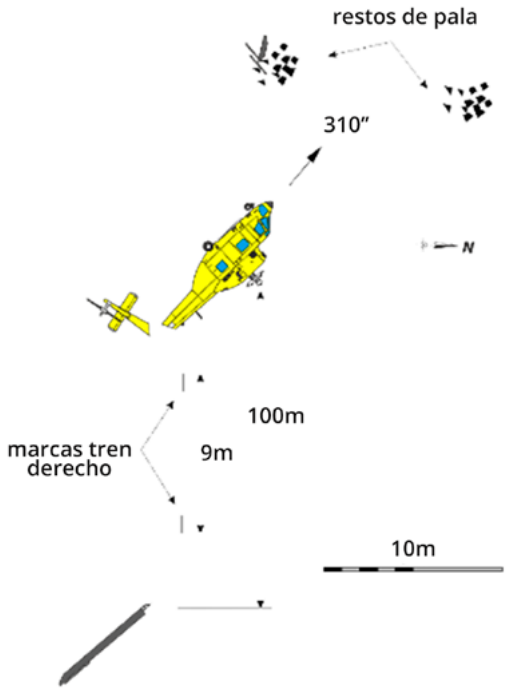


Figura 7. Distribución de restos

Retrocediendo hacia atrás en el sentido de vuelo se encontraban dos marcas, separadas 9 m en el sentido de avance, dejadas por la rueda derecha. En el costado izquierdo del helicóptero, a la altura del cono de cola, se ubicaba el conjunto de cola completamente desprendido.

La mayor parte de los fragmentos de palas se encontraron por delante del

helicóptero, junto con un resto de pala que se encontró 100 m hacia atrás.

El fuselaje presentaba manchas de aceite en sentido vertical y no horizontal, lo que indicaba que habían aparecido durante el impacto y no vuelo.

1.13. Información médica y patológica

Como consecuencia del accidente se produjeron un total de 7 heridos. Dos de los brigadistas fueron trasladados en helicóptero desde el lugar del accidente al Hospital Puerta de Hierro. El resto de los heridos fueron trasladados en coche al hospital en distintos momentos de ese día. Todos resultaron con contusiones de carácter leve.

1.14. Incendio

La aeronave no sufrió ningún incendio en el accidente. Como consecuencia del derrame de combustible se inició un pequeño incendio tras el vuelco que fue sofocado por la brigada.

1.15. Aspectos relativos a la supervivencia

Las cabinas de pilotos y de pasajeros mantuvieron su integridad. Los cinturones de seguridad y asientos no sufrieron deformaciones ni roturas. El personal ubicado en el lateral izquierdo del helicóptero quedó colgando del cinturón y arneses y éstos aguantaron. La puerta lateral trasera izquierda fue utilizada para la evacuación del helicóptero, sin necesidad de abrirla en emergencia.

Respecto a la cabina de pasaje, la información obtenida de las declaraciones (apartado 1.16) indica que durante el vuelco del helicóptero, el material de uso de las brigadas (batefuegos y caja con herramientas de corte)[24] salió despedido y se movió por la cabina. Los batefuegos no iban atados, sino que reposaban debajo de los asientos, por lo que su desplazamiento no tuvo ningún impedimento físico. En el caso del material de corte, se encontraba en una caja sujeta mediante un pulpo al helicóptero que no aguantó el impacto y permitió que el material se volcara sobre uno de los brigadistas.

[24]. Herramienta para sofocar el fuego. Consta de un mango y en el extremo un batidor que suele ser de caucho. Tiene unas dimensiones aproximadas de 2 m de largo y pesa en el entorno de los 2 kg. Dentro de las herramientas de corte se encuentran hachas, mazas, cortacables, sierras o picos.

1.16. Ensayos e investigaciones

1.16.1. Análisis del combustible

Con objeto de descartar la contribución del estado de combustible en el accidente, se tomaron dos muestras de combustible JET A1: una del depósito delantero del helicóptero y otra del tanque que existe en la Base de Valdemorillo, donde el helicóptero fue repostado. Los análisis de ambas muestras no mostraron ninguna degradación o contaminación en el combustible.

La temperatura de autoignición del JET A1 es de 210ºC.

1.16.2. Declaración del piloto

El piloto envió una primera descripción de lo sucedido, se le entrevistó en persona y posteriormente envió una segunda información adicional. La información proporcionada fue la siguiente.

Describió que había sido un verano tranquilo. El helicóptero estaba repostado, ya que se realiza el repostaje después de cada servicio. Se llena primero el depósito trasero y luego el delantero. El vuelo se inició con 1050 l de combustible. En el arranque tuvieron una primera incidencia relacionada con el motor número 1: primero arrancaron el motor 2 y luego el número 1 pero éste no completó el ciclo de arranque. Para volver a arrancarlo, y tras consulta con el mecánico de la base, decidieron enfriarlo con un "crank", tras lo cual el motor se arrancó y no volvió a dar problemas.

La actividad en el incendio se produjo sin incidencia ninguna. En el incendio el segundo piloto le informó que tenían 300 l de descompensación entre tanques de combustible del trasero respecto al delantero. Pero *"con 300 l de descompensación tanque de combustible trasero respecto del delantero estaban dentro de límites según manual de la aeronave y no realizaron acción correctora"* (extracto textual de su declaración escrita). Durante la entrevista, en la explicación del procedimiento de combustible, volvió a indicar que el límite de descompensación es de 300 l. Cuando regresaban con la cuadrilla a la base, el segundo piloto le informó del desequilibrio de 400 l entre tanques[25]. Decidió actuar sobre el combustible pero se equivocó al hacerlo: en vez de actuar sobre la bomba, actuó sobre la válvula. Esto produjo que el motor 1 se parase antes de poder reaccionar y volver a abrir la válvula. Tras esto decidieron volver a arrancar el motor, pero la temperatura era muy alta y para bajarla realizaron un "crank". Retrasó la palanca de gases desde la posición de vuelo a la de shutoff[26]. Realizaron el "crank" pero la temperatura del motor no bajó de 500ºC, por lo que no pudieron arrancar el motor. El helicóptero, según su declaración, volaba bien con un solo motor.

[25]. Este comentario no quedó registrado en el CVR.
[26]. Esta acción no se realizó, como confirmaron los datos del FDR.

La idea de atravesar Valdemorillo con un sólo motor no le gustaba y la base tampoco (debido a que había una encina en la aproximación frustrada), por lo que decidió tomar en el terreno y proceder a arrancar allí el motor. En este momento él era el piloto a los mandos. Hicieron una primera aproximación a un terreno pero cuando se acercaron vieron que tenía mucha pendiente, y decidieron buscar otro. Tras seleccionar otro campo realizaron una nueva aproximación sin tener ningún problema en el helicóptero. Observaron que era un terreno no preparado y que los surcos eran perpendiculares a la senda, por lo que decidieron reducir la velocidad. En ese momento ya no tenían capacidad de irse al aire de nuevo. Cuando estaban a 2-3 m de altura y con una velocidad de 15 kt, el helicóptero perdió sustentación y se fueron al suelo. Se produjo un golpe fuerte contra el suelo con el tren principal y de morro, seguido de un primer rebote, en el que su sensación fue que tenía control sobre el helicóptero. Se produjo un segundo rebote en el que helicóptero se descontroló y en el que se fueron hacia la derecha. El terreno estaba lleno de surcos que no eran apreciables desde el aire.

Tras quedar el helicóptero de costado se quedó suspendido del arnés. No recuerda cómo salió del helicóptero a pesar de que no perdió la conciencia. Recuerda oír voces de los brigadistas. Cortó el motor 2. Olía a queroseno y se produjo un pequeño incendio en el motor 2 al que echaron tierra y en seguida se extinguió.

Todos salieron y se fueron a un árbol donde llamó al 112 y a su compañía. El otro helicóptero del incendio les sobrevoló y aterrizó. En seguida llegaron los bomberos. Se trasladó a dos brigadistas en helicóptero y en la ambulancia a los dos pilotos. Más tarde otros 3 brigadistas acudirían también al hospital.

Indicó que la descompensación entre depósitos y el "crank" son procedimientos muy habituales. También indicó que el extra de potencia (2.5 OEI) no se usa para un aterrizaje rodado. Dijo que sólo estaba indicado para cargar agua y él, desde que tuvo un percance, lo usaba también en despegues.

Meses después el comandante amplió su declaración indicando que la situación económica del operador los años previos al accidente había sido mala y afectaba a pilotos y mecánicos. 6 meses después del accidente, el comandante renunció a su puesto como Responsable de Seguridad por incompatibilidad con la dirección.

1.16.3. Declaración de los brigadistas

Se entrevistó a 6 brigadistas. La información que proporcionaron fue similar. Todos indicaron que iban muy pendientes del helicóptero. Habían tenido varias clave 0[27] anteriormente y prácticamente todos mostraron "cierta desconfianza". El encargado y el técnico, situados en la parte delantera de la cabina trasera, iban pendientes de las luces que se encendían en cabina y vieron cómo, durante la emergencia, los pilotos apagaban la luz naranja (indicador de caution) repetidamente.

[27]. Clave 0 indica inoperatividad del helicóptero.

Sintieron la pérdida de potencia y, en comparación con otras ocasiones similares (en concreto una vez que tuvieron fuego en una turbina[28] y tuvieron que regresar a la base con un solo motor), la percepción que tenían es que el helicóptero no iba bien. Cuando notaron la pérdida de potencia el técnico le dijo al encargado que avisara al resto de la cuadrilla, con señas, para que se ajustaran el cinturón y que adoptaran la postura de seguridad. Los pilotos, el técnico y el puerta trasero van comunicados. El resto no. Describieron como un apagón de la turbina cuando estaban a punto de llegar al suelo, un rebote contra el terreno y luego la parada en seco.

Respecto a la situación en cabina, se obtuvo la siguiente información:

- De los 6 entrevistados:

  - 2 iban sin casco puesto, lo llevaban en la rodilla (según indicaron es opcional en ruta, mientras que en despegue y aterrizaje es obligatorio) y con la mochila o camelback (de dos litros de capacidad) puesta en la espalda. Consideraban que fue positivo llevar la mochila porque iba con agua y amortiguó el golpe.

  - 1 iba sin casco y sin mochila (en la que llevaba agua y una herramienta pequeña de corte). La mochila la había dejado en el suelo. Consideró que fue bueno no llevar nada en la espalda porque así la pudo pegar mejor al respaldo. Igualmente, indicó que el casco no cabía en el reposacabezas y consideró que fue positivo para el accidente no llevarlo para ajustar mejor la cabeza dentro del reposacabezas.

  - 1 llevaba el casco puesto pero no llevaba la mochila, sino una riñonera con agua, geles y barritas, también puesta.

  - 2 llevaban el casco puesto y la mochila también puesta.

- Los batefuegos iban debajo de los asientos (6 en un lado y 4 en el otro) sin sujeción.

- El cajón con herramientas de corte iba pegado al muro atado con pulpos.

- La cubeta con dos mochilas de agua estaba al lado del cajón con herramientas de corte y estaba sujeta con pulpos.

[28]. La revisión de los partes de vuelo mostró que esta referencia a "fuego en una turbina" no se existía como tal en ningún parte. Por la descripción de los brigadistas de este evento, se ha identificado que correspondió al 29/06/2016 en el que, según consta en los partes de vuelo, se cambió el motor número 2 tras un "arranque fallido".

El cajón con herramientas se venció contra uno de los brigadistas golpeándolo en las costillas y en el hombro.

La salida de toda la cuadrilla se produjo por la puerta del técnico (en el lateral izquierdo) y la abrieron normalmente, no realizaron la apertura de emergencia.

Respecto a la formación, indicaron que al principio de la campaña tuvieron una jornada de formación de una mañana en la misma base que, en este caso, impartió el Responsable de Seguridad de la compañía (el comandante), consistente en procedimientos de embarque, desembarque y posiciones de seguridad.

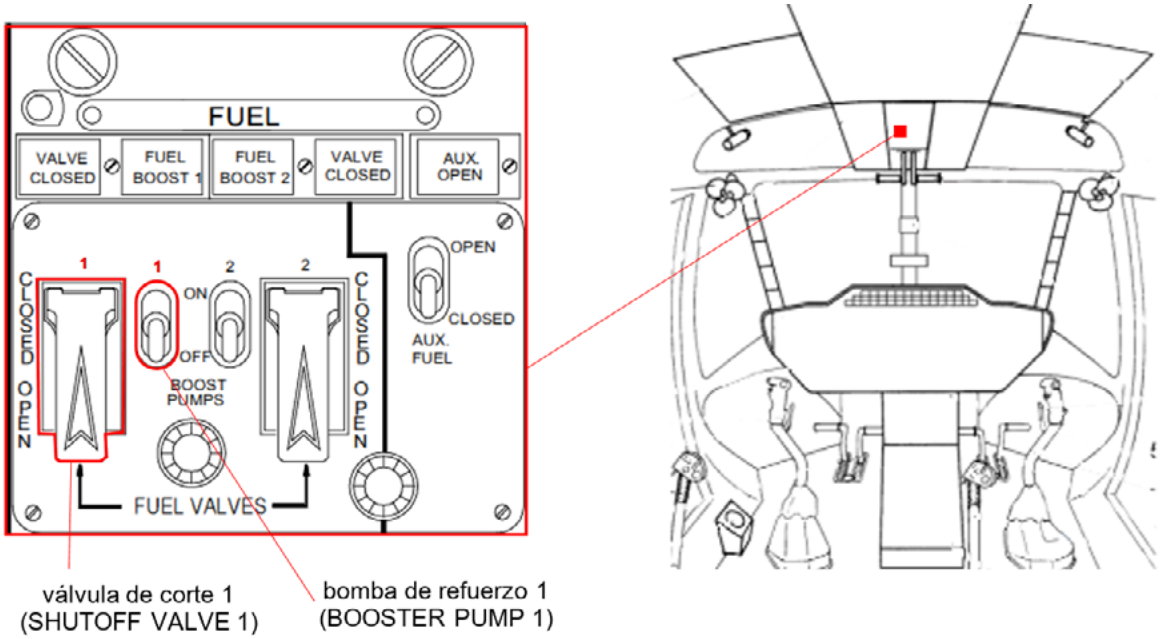


Figura 8. Ubicación de las válvulas de corte y bombas de combustible de motores

1.16.4 Sistema de combustible y procedimiento de compensación

Se describe a continuación la parte del sistema de combustible de interés para la investigación. Está formado por 2 tanques principales (el delantero de 710 l de capacidad y el trasero de 610 l de capacidad) que suministran combustible a 2 tanques de distribución (delantero y trasero de 200 l de capacidad cada uno), ubicados debajo del suelo de la cabina. Cada motor, en condiciones normales de funcionamiento, recibe combustible de un tanque de distribución: el motor izquierdo (1) del tanque trasero y el motor derecho (2) del tanque delantero. En cada uno de los 2 tanques de distribución está instalada una bomba de refuerzo (booster pump) que se encarga de enviar el combustible desde cada tanque de distribución hasta la entrada del motor, en la cual se ubica una válvula de corte (shutoff valve).

El cierre de esta válvula de corte (shutoff valve) interrumpe por completo el suministro de combustible al motor, produciendo su parada. El corte de la bomba de refuerzo (booster pump) produce que el suministro de combustible a los dos motores se realice desde un solo tanque de distribución.

La actuación de las bombas de refuerzo (booster pumps) y de las válvulas de corte (shutoff valve) se realiza desde el panel central sobre-cabeza de la cabina. Los interruptores de las dos válvulas de corte (una de cada motor) están protegidos por una guarda de color rojo que hay que levantar antes de acceder al interruptor.

Durante la operación, se pueden producir descompensaciones de la cantidad de combustible entre el tanque principal delantero y el trasero. Esta descompensación se permite hasta unos límites y el procedimiento para volver a equilibrar los tanques se recoge en el Manual de Vuelo-Procedimientos de emergencia (Excess of Fuel in Either Engine Group of Cells- Descompensación de cantidad de combustible) de la siguiente forma:

- Cuando el depósito principal (trasero) que alimenta el motor 1 (izquierdo) excede 200 l sobre la cantidad que tiene el depósito (delantero) que alimenta el motor 2 (derecho), apagar la bomba de refuerzo del depósito que más combustible tiene (BOOSTER PUMP 1 a OFF) y volver a conectarla cuando se igualen.

- Cuando el depósito principal del motor 2 (derecho) excede 300 l sobre la que tiene el depósito del motor 1 (izquierdo), apagar la bomba de refuerzo del depósito que más tiene (BOOSTER PUMP 2 a OFF) y volver a conectarla cuando se igualen.

En el caso del accidente, el depósito que mostraba mayor cantidad de combustible era el que alimentaba al motor 1 (izquierdo), por lo que la actuación que había que realizar era sobre la bomba de refuerzo 1 cuando la descompensación fuese de 200 l.

El operador había transcrito este procedimiento a su lista de chequeo siendo exactamente el mismo que describe el Manual de Vuelo.

1.16.5 Procedimiento MOTORING THE ENGINE ("CRANK") o ventilado del motor

El sistema de arranque de los motores PZL-10W permite, además del arranque normal (START) del motor, el ventilado (CRANK[29]). El procedimiento de ventilado (CRANK) se utiliza, según el Manual de Mantenimiento del motor, en los siguientes

[29]. El Manual de Mantenimiento del motor utiliza el término MOTOR mientras que el Manual de Vuelo y el Manual de Mantenimiento del helicóptero utilizan el término CRANK. Ambos términos se refieren a lo mismo.

casos: para enfriar el motor, después de un falso encendido, después de un arranque fallido, después de actuaciones sobre el sistema de lubricación y después de haber quemado combustible de la cámara. El procedimiento utiliza el motor de arranque para hacer girar la productora de gas del motor y forzar la entrada de aire al motor pero sin entrada de combustible y sin combustión. Para ello, se inhibe la ignición en las bujías y se cierra la válvula de combustible. Este ciclo de arranque dura 24 seg, después del cual el motor del estárter deja de funcionar automáticamente.

STARTING ENGINES
(battery or external power)

CAUTION

Motor the engine (by operating the starter with ignition switched off and fuel shut off) prior to starting whenever:

- *the engine failed to lightoff within 15 s;*
- *TOT is above 270°C;*
- *the engine oil system was subject to maintenance;*
- *the engine was wet motored.*

Motoring the Engine

1. **ENGINE START 1** - **OFF** - **2** switch - Set to **1**.
2. Start mode selector – Set to **CRANK**.
3. **START** push-button - Depress.

NOTE

At the end of motoring cycle, the N_1 *speed should be at least 14% and the oil pressure - minimum 0.25 kp/cm^2 (0.25 kG/cm^2).*

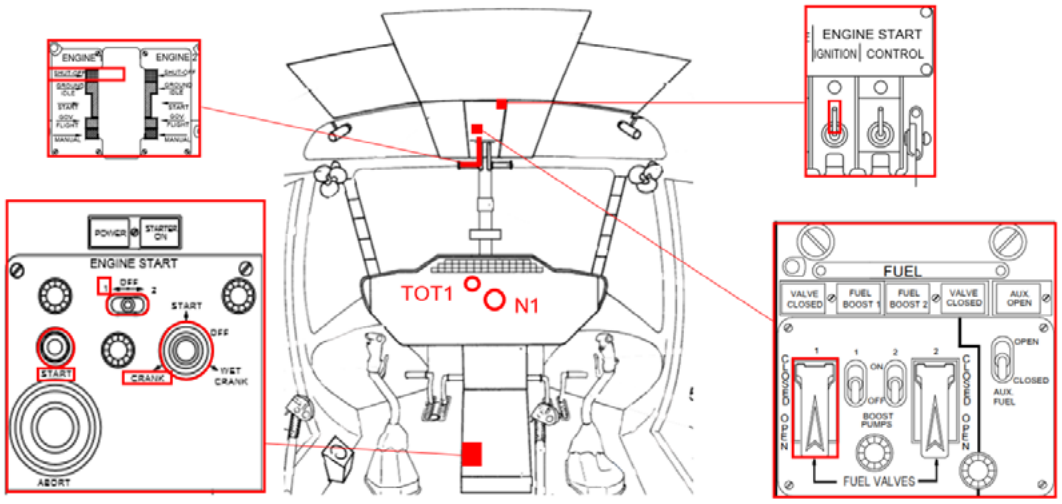


Figura 9. Procedimiento de MOTORING THE ENGINE (Ventilado o CRANK)

En el Manual de Vuelo, el ventilado del motor se denomina "Motoring the engine" y se ubica en la sección de procedimientos normales para el arranque de motores (Starting engines). El primer punto del arranque de motores es un aviso de precaución (CAUTION) en el que se indica que hay que hacer este procedimiento (Motoring the engine) antes de arrancarlo si se da alguna de estas condiciones: TOT por encima de 270ºC, arranque fallido, mantenimiento del sistema de lubricación o arranque en caliente. Como el procedimiento se ubica en el arranque de motores, la palanca o maneta de motor (engine power lever) se encuentra en la posición de SHUTOFF como consecuencia del procedimiento "Before starting engines". Por lo tanto, de los 6 pasos que necesita el procedimiento, uno no está incluido por ser una condición de la secuencia anterior y dos están incluidos en un paréntesis previo al procedimiento en sí. El procedimiento, tal cual se incluye en el Manual de Vuelo, se muestra a continuación:

Este procedimiento (Motoring the engine) sólo se menciona dos veces en el Manual de Vuelo: la primera vez como parte del arranque de motores (visto en este apartado) y la segunda vez como parte del procedimiento de apagado de motores una vez se ha aterrizado. En este segundo caso, el Manual de Vuelo establece que si la TOT, después de apagado el motor, permanece constante o tiende a aumentar, se realice el procedimiento Motoring the engine. En ninguna de las emergencias en vuelo (y en concreto en el procedimiento de rearranque de motores en vuelo) se hace mención a este procedimiento.

El operador tenía incluido este procedimiento como parte del procedimiento de "Arranque de motores-antes del arranque-motorizar o ventilar el motor". Estaba incluido en la misma ubicación que el Manual de Vuelo del fabricante y con el mismo contenido, a excepción del término CRANK (que es el que consta en el panel de instrumentos del helicóptero) que se había sustituido por el término MOTOR (término que sólo se utiliza en el Manual de Mantenimiento del motor).

El fabricante de la aeronave, tras una consulta realizada durante la investigación sobre la ejecución de este procedimiento en vuelo, indicó que puede realizarse en vuelo en cualquiera de las condiciones que se establecen en el procedimiento, entre ellas, que la TOT sea superior a 270ºC. También indicó que el aire incidente sobre el motor ejerce el mismo efecto de enfriamiento que el procedimiento.

Respecto a las consecuencias de realizar el procedimiento con la válvula de corte de combustible (shutoff valve) abierta indicó que no tendría ningún efecto ya que el procedimiento requiere que la palanca de motor esté en la posición de SHUTOFF, con lo cual se inhibe el suministro de combustible al motor y la operación del starter en la posición de CRANK impide la generación de chispa en las bujías.

1.16.6 Emergencias de motor

General

El helicóptero está dotado de dos motores. En caso de que se produzca el fallo de uno de los motores[30], el helicóptero puede operar con un motor operativo de forma segura. La situación más crítica será durante el despegue. El helicóptero dispone de un sistema de potencia extra, denominado 2.5 OEI (apartado 1.6.2), que permite que durante 2.5 min, en caso de fallo de uno de los motores, el motor operativo genere un extra de potencia (1150 Hp). Este sistema requiere la actuación sobre un pulsador que existe en la empuñadura del colectivo. La actuación de este pulsador no implica su utilización, sino que sólo se empleará este "extra" en caso de demanda del motor y bajo ciertas condiciones (apartado 1.6.2). La utilización del sistema 2.5 min OEI, en el caso de los procedimientos de aplicación a esta operación del Manual de Vuelo, se deja a discreción del piloto[31], recomendándose pero no obligando su activación en:

- despegue (lista de TAKE OFF, pag 3-22) de procedimientos normales.
- aterrizaje (lista PRELANDING, pág. 3-24) de los procedimientos normales.
- Emergencias de motor (ENGINE EMERGENCIES–GENERAL, pág. 3-2), introducción de los procedimientos de emergencia. Se indica que en una emergencia de motor el piloto puede usar este sistema. No hay ninguna otra mención específica en ninguno de los procedimientos de emergencias.

Procedimientos de emergencia del operador

El operador había elaborado unas listas de chequeo[32], en tamaño A4, plastificadas, que contenían los procedimientos de emergencia de este helicóptero. En la primera hoja de estas listas estaba incluido un recuadro que hacía referencia a la distribución de tareas en cabina en el caso de dos pilotos: "EN EL CASO DE VOLAR DOS PILOTOS, LA EMERGENCIA SERÁ GESTIONADA POR EL PF. ESTO QUIERE DECIR QUE EL PF SEGUIRÁ VOLANDO Y EL PNF LEERÁ LA LISTA DE CHEQUEO, PARA QUE EL PF LA EJECUTE".

Además, se añadían tres reglas básicas para gestionar una emergencia en vuelo:

[30]. El Manual de Vuelo, en la sección 3 de procedimientos de emergencia-general, define que las indicaciones de un fallo de motor son las siguientes: guiñada a la derecha, bajada de Nr, N1 inferior al 58%, separación rápida de agujas, encendido de la luz de ENGINE 1 OUT y aviso acústico durante 4-5 seg.
[31]. Sin embargo, en los procedimientos en performance 1 del Manual de Vuelo se obliga, como parte del procedimiento, a llevar pulsado el botón 2.5OEI en el despegue y en el aterrizaje tras un fallo de motor.
[32]. Existían dos listas, para 1 piloto o para 2 pilotos (ver apartado 1.17.2) aunque el contenido era exactamente el mismo.

- Mantener el control de la aeronave
- Analizar la situación
- Tomar la acción apropiada

Las listas de chequeo de interés para la investigación se muestran, junto con las correspondientes al Manual de Vuelo, en los apartados siguientes en la misma secuencia en que deberían haberse aplicado en el vuelo del accidente:

- 1º el procedimiento de fallo de motor en crucero
- 2º el procedimiento de rearranque en vuelo y de ventilado del motor
- 3º el procedimiento de aterrizaje con un solo motor

Procedimiento de fallo de motor en crucero:

El procedimiento de fallo de motor en crucero define unas acciones inmediatas (mantener Nr por encima de 95% y establecer Vy[33]); en segundo lugar intentar rearrancar el motor (si no se sospechan daños internos o fuego) y, en tercer lugar, si no se puede arrancar, asegurar el motor parado mediante el corte del combustible (por medio de la palanca del motor y de la válvula de corte).

El operador había añadido al procedimiento anterior del Manual de Vuelo un último ítem "aterrizar tan pronto como sea seguro"[34] y unas "condiciones" de ayuda para identificar cuándo hay fallo de motor:

- guiñada a la derecha y posible cambio de nivel de morro
- ENG 1/2 (se entiende que se refiere a la luz)
- ENG 1/2 OIL PRESS (se entiende que se refiere a la luz)
- instrumentos indican pérdida de potencia

[33]. Velocidad de mejor régimen de ascenso y menor descenso en caso de fallo de motor. Según la sección 4 del Manual de Vuelo (Section 4-DATA PERFORMANCE, pag 4-11), Vy es de 70 KIAS para la altitud de presión del vuelo del accidente.

[34]. Según la definición del operador "aterrizar tan pronto como sea seguro" significa que "el lugar de aterrizaje y la duración del vuelo quedan a discreción del piloto. Extender el vuelo más allá del área apropiada más próxima donde se pueda obtener asistencia NO ES RECOMENDABLE." Aterrizar tan pronto como sea seguro es la indicación menos urgente de las tres posibles: "aterrizar inmediatamente" y "aterrizar lo antes posible".

Single Engine Power Failure During Cruise

1. Reduce the collective as necessary to maintain rotor speed N_r within the limits.
2. Maintain N_r above 95%.
3. Establish the best rate of climb airspeed V_y. If necessary use the maximum OEI power to regain an altitude.
4. Attempt engine restart if the cause of engine failure is known and corrected.
5. If a restart is unsuccessful or no attempt to restart is made proceed as follows:
   - **FUEL VALVES 1 (2)** switch (of affected engine) – Set to **CLOSED**,
   - power lever (of affected engine) – Retard to **SHUT DOWN**,
   - engine and main gearbox instruments - monitor for proper operating limits.

EMERGENCIAS DE MOTOR

FALLO DE UN MOTOR - EN VUELO

Condiciones

Guiñada a la derecha. Posible cambio de nivel del morro.

En motor afectado

- ENGINE 1/2;
- ENG 1/2 OIL PRESS;
- Los instrumentos indican pérdida de potencia

	Procedimiento	
	Condiciones de vuelo OEI	Establecer. MOEIP-Vy si es necesario
	Motor afectado Arranque en vuelo si causa identif. Y correg.	Identificar Ejecutar
	Parada emergencia de un motor	
	Si no se puede arrancar	
	Parada de emergencia de un motor • FUEL VALVES motor afectado	Ejecutar Cerrar
	• Maneta de motor afectado	Atrás SHUT DOWN
	• Indicadores Motor y Caja	Comprobar entre límites
	ATERRIZAR TAN PRONTO SEA SEGURO	

(Pág. 3-5)

Procedimiento de rearranque en vuelo:

El procedimiento de rearranque en vuelo contiene un aviso inicial sobre las situaciones en que no se debe realizar: fuego o daños estructurales. En este aviso previo no se hace referencia a ninguna condición de la TOT del motor para hacer el procedimiento, sino que aparece en el paso 6º del procedimiento.

Ni el procedimiento del Manual de Vuelo ni el del operador, que había transcrito al castellano el procedimiento del fabricante, indican qué se debe hacer si está por encima, que sería la aplicación del procedimiento "Motoring the engine" o, como aclaró el fabricante, esperar a que el aire incidente enfríe el motor.

Como fin del procedimiento del Manual de Vuelo, existe una nota que redirecciona hacia el apagado del motor en vuelo en el caso de que el rearranque no haya sido posible. La lista de chequeo elaborada por el operador incluía todos los pasos del Manual de Vuelo a excepción del procedimiento de apagado del motor.

Engine Restart in Flight

CAUTION

Do not attempt a restart if the engine ceased to operate due to any of the following:

- *power turbine overspeed protection,*
- *failure of any engine systems,*
- *engine fire.*

1. Affected engine EAPS scavenge and inlet / EAPS anti-icing control switch – Set to **OFF**.

   AIR VALVE OFF push-button (cabin heating air bleed control) - Depress.

2. Power lever (of affected engine) – Advance to **START** (at white mark).
3. **FUEL VALVES 1 (2)** switch (of affected engine) – Make sure that set to **OPEN**.
4. **ENGINE START 1 - OFF - 2** switch – Set to affected engine.
5. Start mode selector – Set to **START**.
6. Check for **TOT** below 270°C.
7. **START** push-button - Depress.
8. In order to minimize helicopter yaw during free wheeling unit engagement and if the altitude permits proceed as follows: upon N_1 reaching 30...40% reduce collective to 20...50% torque until N_1 stabilizes at ground idle.
9. Monitor engine as during normal start.
10. Power lever (of affected engine) – Advance to **GOV. FLIGHT** (in not less than 4 s).
11. N_f and **TQ** - Adjust as desired for twin engine operation.

NOTE

*If the restart attempt fails and/or no further attempts are made, shut down the engine - refer to **Engine Shutdown in Flight** procedure.*

EMERGENCIAS DE MOTOR

REARRANQUE EN VUELO

Nota

El rearranque en vuelo puede ser realizado después de apagarse la llama o una parada, tras ser evaluado por el piloto cual fue la causa y corregida

PRECAUCIÓN

NO INTENTAR UN REARRANQUE EN VUELO SI LO QUE CAUSO EL FALLO FUE, OBVIAMENTE, MECÁNICO, PROTECCIÓN DE SOBREVELOCIDAD O FUEGO

Procedimiento	
Colectivo	Ajustar a MCP en OET o menos
Consumo eléctrico	Reducir
Interruptor EAPS motor AIR VALVE OFF	Comprobar OFF PULSAR
Maneta de gases	Avanzar a START
FUEL VALVE motor afectado ENGINE START 1-OFF-2	OPEN En posición de motor afectado
Selector de modo arranque	Colocar en START. Comprobar TOT < 270°C
Botón START VER NOTA	Pulsar
Vigilar como un arranque normal	
Maneta de gases	Avanzar hasta GOV. FLIGHT (no en menos de 4 seg)
Nf y TQ	Ajustar como se desee

Nota

Al objeto de minimizar la guiñada durante el acoplamiento de rueda libre, y si lo permiten las circunstancias, cuando N1 alcance 30 40%, reducir el colectivo al 20 30% de TQ hasta que se estabilice la N1. (Pág. 3 6)

Son necesarios 45 seg. y 1300 pies a Vy para hacer un arranque en vuelo

Procedimiento de aterrizaje con un solo motor:

El procedimiento establecido en el Manual de Vuelo había sido ampliado y modificado por parte del operador.

El operador había añadido una fase previa de aproximación para el caso de que el fallo de motor se produzca a mucha más altura de los 65 ft. Además, había establecido una Vy fija de 65 kt[35] (valor que se dejaba genérico en el Manual de Vuelo) pero sólo para este procedimiento. Para el procedimiento de "Fallo de motor en vuelo" el operador había mantenido el término Vy y no se había sustituido por el valor de 65 kt. El procedimiento del Manual de Vuelo también incluía una opción de que el fallo se produjese por encima de los 65 ft o por debajo. Aun así, el operador había preferido incluir un paso previo que era el de establecer 65 kt de Vy. Este paso ya se habría hecho en el procedimiento de "Fallo del motor en vuelo" cuyo primer punto a realizar es el de establecer la velocidad en Vy.

Desde esta velocidad se debía ir disminuyendo hasta los 38 kt que establece el

[35]. El operador había establecido una velocidad Vy de 65 kt como velocidad de referencia válida para todos los casos teniendo en cuenta que, para su ámbito de operación, la Vy varía entre 63 y 70 kt. En el caso del accidente, el valor de esta velocidad, de acuerdo al Manual de Vuelo, para las condiciones ambientales en que se produjo el accidente, era de 70 kt (nota 32).

fabricante y que deben alcanzarse a 20 m (65 ft) sobre el terreno.

A partir de este punto (20 m o 65 ft y 38 kt), y hasta la toma, en que la actitud de morro debía ser de 10º, la descripción del operador variaba de la del Manual de Vuelo.

Single Engine Landing

If an engine fails at an altitude greater than 65 ft (20 m) above touchdown proceed as follows:

1. Adjust a descent rate of 600 fpm (3 m/s) and N_r above 95% at an airspeed of 38 KIAS (70 km/h).
2. At an altitude of 65 ft (20 m) above touchdown execute a cyclic flare to about 15...20° nose up.
3. At 23...16 ft (7...5 m) gradually increase the collective to maximum at touchdown.
4. Level nose to 10° nose up at 10...7 ft (3...2 m) above touchdown

If an engine fails at or below 65 ft (20 m) above touchdown proceed as follows:

1. Assume altitude 10° nose up.
2. Increase the collective to maximum at touchdown.

After touchdown:

1. Lower the collective control lever by 1/4 of full travel and minimize ground roll by pulling back the cyclic control stick by no more than 1/2 of travel from neutral.
2. Move cyclic control stick to neutral, lower the collective control lever and use maximum wheel braking to bring helicopter to a stop.

ATERRIZAJE CON UN SOLO MOTOR

Condiciones

Un motor inoperativo OEI.

	Procedimiento	
•	APROXIMACIÓN PARA ATERRIZAR	
	Calefacción	Comprobar OFF
	Velocidad	Ajustar 65 KIAS (V_y)
	Aproximación tendida	Establecer
•	EN FINAL A 65FT AGL	
	Velocidad	38 KIAS
	Régimen de descenso	600 ft/min
•	TOMA	
	Velocidad	Reducir al min. Según potencia disponible
	Actitud de aterrizaje	Establecer: morro 10°
	Colectivo	Levantar como sea necesario para parar descenso y amortiguar la toma
•	TRAS LA TOMA	
	Colectivo	A 1/4
	Cíclico	Atrás NO MÁS 1/2
	Tras parada	Cíclico neutral Colectivo Abajo Aplicar frenos

Precaución	Al objeto de reducir el rodaje, dejar el colectivo a ¼ del recorrido y colocar el cíclico atrás no más de ½ del recorrido desde neutro. PRECAUCIÓN CON LA COLA

(Pág. 3-7)

Activar Windows
Ve a Configuración para activar Window

El Manual de Vuelo, en la sección 4, establecía una distancia de aterrizaje necesaria, para la temperatura y altitud de presión del día del accidente operando con un solo motor, de 85 m. El Manual de Vuelo hacía hincapié en que estas distancias de aterrizaje con un solo motor se consiguen en caso de encontrarse a 100 ft del terreno con una velocidad de 38 KIAS y con un régimen de descenso de 600 fpm.

1.16.7 Campos en la trayectoria de vuelo

El siguiente mapa muestra la ubicación de campos de vuelo y pistas en las cercanías de la trayectoria de vuelo en dos momentos del vuelo: cuando se produce la parada del motor y cuando la tripulación decide aterrizar para arrancar el motor en el suelo. Se indica la longitud de las pistas, la distancia a las mismas desde el momento en que la tripulación decide aterrizar para arrancar el motor y el tiempo que hubiese tardado en llegar. Se ha calculado el tiempo manteniendo la velocidad de 41 kt que llevaba cuando tomaron la decisión de aterrizar y el tiempo si hubiesen llevado la velocidad de 65 kt que establece como Vy el operador.

Además de estos campos de vuelo, los aeropuertos de Cuatro Vientos y de Casarrubios del Monte se encontraban también en las cercanías.

(1) Aeródromo de Villanueva de la Cañada.

Pistas cruzadas de 200 m y 160 m.

A 3,2 km del punto de decisión de aterrizar

2,5 min a 41 kt (1,5 min a 65 kt)

(2) Aeródromo de Brunete:

Pista de 370 m

A 6,5 km del punto de decisión de aterrizar

5,3 min a 41 kt (3,2 min a 65 kt)

(3) Aeródromo privado:

Pista de 250 m

A 3,4 km del punto de decisión de aterrizar

2,6 min a 41 kt (1,7 min a 65 kt)

(4) Aeródromo de Villanueva del Pardillo:

Pistas cruzadas de 360 m y 160 m

A 7,5 km del punto de decisión de aterrizar

5,9 min a 41 kt (3,7 min a 65 kt)

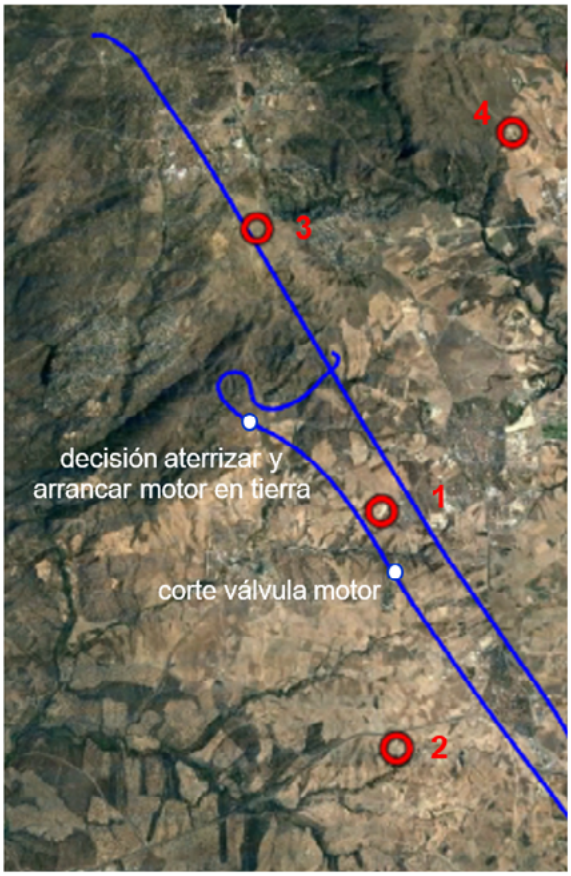


Figura 10. Campos alternativos en la trayectoria del vuelo

1.17. Información sobre organización y gestión

1.17.1 Real Decreto RD 750/2014 y su material orientativo

El Real Decreto RD750/2014 y el material orientativo para su aplicación[36] regulan, desde el 5 de septiembre de 2014, las actividades aéreas de lucha contra incendios. De interés para la investigación se incluye en este apartado todo lo publicado en la norma relativo a los tipos de operación[37] que se pueden dar en lucha contra incendios de acuerdo a lo establecido en esta norma.

Para el caso del helicóptero EC-LQA de masa certificada de despegue superior a 4000 kg y dedicado a operaciones de lanzamiento de agua y traslado de personal especialista, el RD requiere que la operación se haga con dos pilotos. Sin embargo, el hecho de existan dos pilotos a bordo de la aeronave no implica que la operación

36. Resolución de la AESA de 25 de mayo de 2015.
37. TAE.ORO.GEN.010: Definiciones (e) y (f)
TAE.ORO.FC.LCI.200: Composición de la tripulación (g).

sea multipiloto ya que el RD habilita otra opción posible: la operación monopiloto con dos pilotos.

Para cada una de estas dos opciones, se muestra a continuación toda la información incluida en la normativa:

- Operación multipiloto, MPO (2P): se define como la operación de una aeronave (que podrá estar certificada para operar con 1 o 2 pilotos) que requiere al menos dos pilotos que usan técnicas de cooperación de la tripulación, y para la cual se han definido procedimientos adecuados en los que se asignan funciones y responsabilidades a los dos pilotos, compartiendo ambos el desarrollo de la operación. Uno de los dos pilotos actuará como piloto al mando y el otro como segundo piloto. Esta operación requerirá un curso MCC y el operador dispondrá de procedimientos adecuados al tipo de operación, que estarán incluidos en el Manual de Operaciones. A pesar de que en la operación multipiloto se definen dos casos según la certificación de la aeronave (para 1 o 2 pilotos) la forma de operar está clara y es la misma en ambos casos:

- MPA MPO MPP	Operación	multipiloto
	Pilotos a bordo:	2
	Procedimientos para:	2
	Aeronave certificada para:	2 o más

- SPA MPO (2P) MPP	Operación	multipiloto
	Pilotos a bordo:	2
	Procedimientos para:	2
	Aeronave certificada para:	1

- Operación monopiloto con dos pilotos, SPO (2P): se define como la operación de una aeronave certificada para operar un único piloto, en la que se utilizan dos pilotos y para la cual se han definido procedimientos para la operación con un único piloto. El material orientativo ampliaba esta opción con lo siguiente: en el caso de SPA SPO (2P) SPP y en especial de SPA SPO (2P) MPP, aunque no sería de aplicación un MCC tal y como está concebido para MPA MPO MPP y/o SPA MPO (2P) MPP, deben establecerse de acuerdo con las actividades/funciones que cada piloto pueda desarrollar en cada momento de la operación, los procedimientos concordantes con las mismas y los elementos de coordinación correspondientes. En el entrenamiento de las tripulaciones que lleven a cabo ese tipo de operaciones deben tenerse en cuenta los referidos procedimientos y elementos de coordinación.

-	SPA SPO (2P) MPP	Operación	monopiloto
		Pilotos a bordo:	2
		Procedimientos para:	2
		Aeronave certificada para:	1

-	SPA SPO (2P) SPP	Operación	monopiloto
		Pilotos a bordo:	2
		Procedimientos para:	1
		Aeronave certificada para:	1

Existe una quinta categoría más, que no sería de aplicación al vuelo de la aeronave EC-LQA (se ha incluido aquí para mostrar todas las posibilidades de operación en LCI) que comprendería la operación monopiloto con un solo piloto que se definiría como sigue:

- Operación monopiloto con un piloto, SPO (1P):

-	SPA SPO (1P) SPP	Operación	monopiloto
		Pilotos a bordo:	1
		Procedimientos para:	1
		Aeronave certificada para:	1

Por lo tanto, el RD para definir la operación combina tres conceptos: el número de pilotos mínimo establecido por certificación de la aeronave (SPA o MPA), la operación (SPO o MPO) y los procedimientos (SPP o MPP). En consecuencia, establecer únicamente si se opera con uno o dos pilotos para describir la operación en LCI de una aeronave no es suficiente de acuerdo con el RD, ya que deberá concretarse qué tipo de operación se realiza y para cuántos de los pilotos a bordo se definen procedimientos.

1.17.2 Operación de lucha contra incendios en HASA

La operación de lucha contra incendios de HASA era, según la información proporcionada por el propio operador y confirmada por la AESA, "monopiloto con dos pilotos" de acuerdo con el RD750/2014. Dentro de ésta, y de acuerdo al material orientativo, la operación se realizaba bajo la opción SPA SPO (2P) SPP: es decir, operación monopiloto con dos pilotos con procedimientos para un piloto.

El Manual de Operaciones de HASA era conjunto para las actividades de LCI y SAR. La actividad de LCI Y SAR para el SOKOL se describía en 45 páginas, que constituía la parte B del MO. Anexos a este documento principal existían protocolos (PROT que contenían las listas de comprobación o checklist) y procedimientos generales (SOP). A continuación se extraen los apartados de interés para la investigación de dicho Manual de Operaciones.

Procedimientos Normales (copia literal del MO)

MO LCI Y SAR- PARTE B. SOKOL (pág. 24 y 25 de 45)

2. Sección 2- Procedimientos normales.

2.1 Procedimientos normales y funciones asignadas a la tripulación- guía de actuación de pilotos

Hispánica de Aviación no ha establecido procedimientos normales distintos a los establecidos en el RFM (Manual de Vuelo del Helicóptero) aprobado por la autoridad competente.

- *En general, la operación será monopiloto, y será el único piloto el responsable de la auto supervisión y auto verificación y el que realice las comprobaciones y procedimientos según la Checklist adjunta en Anexos: "Checklist Normales Sokol 1 piloto" (esta lista fue la que el operador aportó a la investigación como de aplicación al evento). En este caso se usará el método de "hacer-verificar" (DV "do-verify"): consiste en que la lista se logra en una secuencia variable sin haberla pedido previamente. Después de que todos los elementos en la lista han sido completados, la lista se lee de nuevo mientras se verifica cada elemento. El método DV permite a la tripulación de vuelo a realizar los procedimientos de memoria para llevar a cabo una serie de acciones de manera rápida y eficiente.*

- *Para las operaciones con dos pilotos, se seguirán los procedimientos descritos a continuación[38] y se realizará la lista que se adjunta en Anexos: "Checklist Normales Sokol 2 pilotos". Aquí usaremos el método "pregunta-respuesta" (CDV "challenge-done-verify"): consiste en que un miembro de la tripulación enumera la acción antes de iniciarla, y el otro lleva a cabo la acción y responde al primero.*

Uso de las listas:

- *El PF será responsable de:*

38. Se refiere a la descripción de "uso de las listas" que aparece inmediatamente después.

- *o Supervisar, verificar y gestionar la realización de la lista de verificación*

- *o Mantener en todo momento…*

- *o Mientras en PNF lee el PF ejecuta la lista…*

- *El PNF será responsable de:*

  - *o Al final de cada fase dirá "fase-nombre de la fase completa…"*

  - *o Llamar la atención del PF y del resto de la tripulación sobre cualquier desviación observada en los procedimientos.*

- *Se recomienda el uso de las manos y los dedos para tocar, o apuntar a los controles, interruptores y pantallas durante la realización de la lista….*

- *Inicio, ejecución y finalización de las listas normales:*

  - *o Deben ser pedidas por el PF y leídas por el PNF/PM*

Procedimientos anormales y de emergencia (copia literal del MO)

MO LCI Y SAR- PARTE B. SOKOL (pág. 24 y 25 de 45)

3. Sección 3- Procedimientos anormales y de emergencia

3.1. Procedimientos anormales y de emergencia y funciones asignadas a la Tripulación

Hispánica de Aviación no ha establecido procedimientos anormales y de emergencia distintos a los establecidos en el RFM (Manual de Vuelo del Helicóptero) aprobado por la autoridad competente.

En caso de emergencia se emplearán listas de chequeo usando el mismo procedimiento que ha sido descrito en el punto B2 (procedimientos normales).

En situaciones de emergencia hay unos puntos que obligatoriamente el piloto debe conocer de memoria porque son de ejecución inmediata ante la emergencia; como por ejemplo entrar en autorrotación en caso de fallo de los dos motores. En estos casos el PF actuará siempre según indique el MVH (manual de vuelo del helicóptero) mientras que el PNF tratará de ayudar a identificar la causa del

fallo, hará lectura de parámetros de motor y de vuelo y una vez controlado el vuelo, se puede acudir a listas de comprobación de fácil acceso.

En general la operación será monopiloto y será el único piloto el que realice las comprobaciones y procedimientos según la Checklist adjunta en Anexos: "Checklist emergencia Sokol 1 piloto".

Para las operaciones multipiloto, se seguirán los procedimientos descritos a continuación y se realizará la lista que se adjunta en Anexos: "Checklist emergencia Sokol 2 pilotos" (esta lista fue la que el operador aportó a la investigación como de aplicación al evento).

- *Sokol: MVH sección 3 Emergency Procedures*

Piloto a los mandos:	*Continúa volando y comienza el procedimiento de emergencia.*
Piloto no a los mandos:	*Leer el procedimiento de emergencia y efectuar las operaciones necesarias*
Piloto no a los mandos	*llamar por radio para informar de la emergencia*
Piloto no a los mandos:	*Pasajeros alertar (…)*

<u>Checklist de procedimientos normales y de emergencia</u>

El MO LCI/SAR hacía referencia a cuatro listas de chequeo:

- Checklist normales Sokol 1 piloto
- Checklist normales Sokol 2 pilotos
- Checklist emergencia Sokol 1 piloto
- Checklist emergencia Sokol 2 pilotos
- Checklist normal Sokol 1 piloto[39]

Editada con la referencia HASA-OPS.PROT 09. La edición vigente en el momento del accidente (edición 1 de 2014) tenía un total de 18 páginas, de las cuales: las 7 primeras tenían en el encabezado "CHECKLIST SOKOL PROCEDIMIENTOS NORMALES

UN PILOTO", de la 8 a la 16 el encabezado cambiaba a "CHECKLIST SOKOL" y en la 17 y 18 el encabezado cambiaba a "CHECKLIST SOKOL DOS PILOTOS". Los procedimientos eran una traducción al castellano del Manual de Vuelo, donde no se enumeraban las tareas, se redireccionaban determinadas tareas a la consulta del Manual de Vuelo ("Ver MVH pág. 2-16" por ejemplo) y se hacía referencia a la operación en IFR, que no está aprobada para LCI. En esta lista, antes del aterrizaje y antes del despegue se incluía específicamente "SE RECOMIENDA MANTENER PULSADO EL BOTÓN 2.5 EOI".

La edición número 2 de 2018 de esta lista había corregido los encabezados de la edición 1, unificándolos y manteniendo en todas las hojas "CHEKLIST SOKOL PROCEDIMIENTOS NORMALES UN PILOTO" y había incluido la enumeración de las tareas, siendo el resto del contenido similar a la edición 1.

• Checklist normal Sokol 2 pilotos

Editada con la referencia HASA-OPS.PROT 10, la edición 2 de 2018, tenía 19 páginas. El encabezado de la lista era "CHECKLIST SOKOL PROCEDIMIENTOS NORMALES DOS PILOTOS" entre las páginas 1 a 7 y "CHECKLIST SOKOL DOS PILOTOS" entre las páginas 8 a 19. La lista era igual que la de 1 piloto a excepción de que se habían incluido los términos CM1, CM2, PF y PNF incluyendo en la realización de las tareas qué figura, de estas 4 definidas, la realiza. Esta lista no contenía numeración en las tareas y redireccionaba al manual de vuelo al igual que las de 1 piloto.

• Checklist emergencia Sokol 1 piloto

Editada con la referencia HASA-OPS.PROT 11, la edición 2 de 2018 tenía 47 páginas. El encabezado de esta lista indicaba entre las páginas 1 a 5 "CHECKLIST SOKOL PROCEDIMIENTOS DE EMERGENCIA 1 PILOTO" pero en el resto del documento el encabezado cambiaba a "CHECKLIST PROCEDIMIENTOS DE EMERGENCIA SOKOL DOS PILOTOS".

Esta lista, en la página 3, contenía la advertencia "EN EL CASO DE VOLAR DOS PILOTOS, LA EMERGENCIA SERÁ GESTIONADA POR EL PF. ESTO QUIERE DECIR QUE EL PF SEGUIRÁ VOLANDO Y EL PNF LEERÁ LA LISTA DE CHEQUEO, PARA QUE EL PF LA EJECUTE".

En la página 12, "emergencias de motor" General, se indicaba que los procedimientos no incluían el uso de la característica de 2.5 min OEI debido a que el motor permitirá aterrizar rodado con un peso inferior al máximo, pero que, de todos

39. Esta lista es la que el operador proporcionó a la investigación como de aplicación al evento.

modos, "EL PILOTO PUEDE DECIDIR USARLA".

• Checklist emergencia Sokol 2 pilotos[40]

Editada con la referencia HASA-OPS.PROT 12, la edición 1 de 2014 tenía 47 páginas. Era exactamente igual que el HASA-OPS.PROT 11 en su edición 2.

La versión 2 de 2018 era exactamente igual que la edición 1 a excepción de que se habían enumerado las tareas. Los encabezados de ambas ediciones cambiaban en la página 6 de "CHECKLIST SOKOL PROCEDIMIENTOS DE EMERGENCIA 2 PILOTOS" a "CHECKLIST PROCEDIMIENTOS DE EMERGENCIA SOKOL DOS PILOTOS".

Procedimientos específicos de lucha contra incendios

El "PROCEDIMIENTO GENERAL DE ACTUACIÓN EN LCI" editado como HASA-OPS. SOP01, edición 2 de 2016, en vigor en el momento del accidente, tenía 23 páginas. Tenía contenidos generales explicativos sobre los incendios y su organización. A lo largo de 7 puntos se describían, entre otros, la actividad de extinción de incendios, el uso del helicóptero en la operación, la naturaleza de la operación, los peligros en las descargas y en el suelo, las distintas técnicas de combate del incendio, los tipos de fuego, los tipos de descargas y las técnicas de lanzamientos. En este procedimiento específico se hacía referencia a los procedimientos normales y de emergencia del Manual de Vuelo del helicóptero.

El "PROCEDIMIENTO DE GESTIÓN DEL ESPACIO AÉREO, CARRUSEL Y DE CARGA DE AGUA" editado como HASA-OPS.SOP10, edición 2 de 2016, en vigor en el momento del accidente, tenía 21 páginas. Contenía una descripción de los distintos espacios que se definen en un incendio y los procedimientos a seguir en cada zona. En el apartado 4.3 CIRCUITO DE NORIA O CARRUSEL, se incluía un apartado denominado "Fases en operación de LCI" (pág. 14 a 17 de 21). Este apartado describía para cada fase de vuelo en el incendio las acciones a realizar, a modo de guía de actuación. No era un procedimiento ni una Checklist como tal pero indicaba criterios generales de actuación. Dentro de esta descripción se incluían:

- Las figuras del PF y PNF.
- La necesidad de colación durante la toma de decisiones y acciones en vuelo por parte de los miembros de la tripulación.
- Las colaciones a realizar por PF y PNF durante las distintas fases de un incendio. Estas comunicaciones son las que se muestran en los puntos siguientes y que se han utilizado para referenciar las comunicaciones en el vuelo del accidente

40.Esta lista (edición 1) es la que el operador proporcionó a la investigación como de aplicación al evento.

del apartado 1.11.4.

- Las comunicaciones en la aproximación a las zonas de carga se harán en el siguiente orden:

1. "Libre de tráficos, libre de cables, libre de pájaros, material que pueda volar, polvo…"

2. "Visibilidad al punto y rutas entrada, salida y escape OK"

3. "Viento en cara o tolerable para la carga"

4. "Próximos al punto de mantener estacionario rotor de cola libre"

5. "Eslingas y bambi libre no se enganchan con cabos, cuerdas o cualquier material flotante o amarrado en balsa"

6. "Comenzamos carga" "Parámetros OK" "Prueba de suelta de descarga de agua OK"

7. "Carga de nuevo"

8. "Parámetros OK y libre de tráfico"

9. "Atentos salida y posible accionamiento de sistemas de emergencia y procedimiento de abortar maniobra presente"

10. "Saliendo de balsa"

- Las comunicaciones en aterrizajes se harán en el siguiente orden:

11. Igual que 1

12. Igual que 2

13. Igual que 3

14. "Parámetros OK"

15. "Terreno pendiente positiva y compacto libre de posibles partículas de polvo o material que pueda volar y ocasionar daños"

16. "Próximos al punto de mantener estacionario rotor de cola libre"

Con bambi dentro:

17. "Margen suficiente para que los brigadistas bajen con seguridad el bambi"

18. "Libre de piedras o cualquier material que pueda dañar la aeronave en la toma"

19. "Tomar y asegurar con frenos la aeronave"

20. "Pueden descender personal operativo a bordo"

Con bambi fuera:

21. "Eslingas y bambi libre no se enganchan con cables, arbustos (…)"

22. "Manteniendo estacionario con bambi libre y sin tocar superficie"

23. "Bambi al suelo"

24. "Libre de piedras o cualquier material que pueda dañar la aeronave en la toma"

25. "Tomar y asegurar con frenos la aeronave"

En caso de embarcar brigada:

26. "Dando OK para embarque"

27. "Bambi en cesta y asegurado y guitarra enganchada"

28. "Personal operativo listo para despegue"

- Las comunicaciones en despegues se harán en el siguiente orden:

29. "Todo verde, combustible OK, sistemas necesarios para el vuelo ON, potencia suficiente de despegue"

30. "Iniciando carrera de despegue"

31. "Buscando velocidad Vy/Vx"

32. "Estableciendo vuelo recto y nivelado todo en verde"

- Las comunicaciones en descarga del agente extintor se harán en el siguiente orden:

33. "Libre de tráficos"

34. "Aproximación con margen de potencia OK"

35. Comunicación a los medios "entrando en descarga…"

36. "Viento en cara"

37. "Entrada libre para descarga"

38. "Preparados para descargar, y preparando sistemas de ayuda para restart y suelta de bambi en caso de emergencia"

39. "Descargando"

40. Comunicación a los medios "Librando zona"

Procedimientos relacionados con la comunicación de situaciones de emergencia

El MO LCI Y SAR- PARTE B. SOKOL (pág. 42 de 45)-Sección 11- Procedimientos de evacuación de emergencia define que, "el segundo piloto, si lo hubiera, efectuará las llamadas de emergencia correspondientes y esperará contestación…".

En línea con lo anterior, el MO LCI Y SAR- PARTE B. SOKOL (pág. 24 y 25 de 45)-Sección 3- Procedimientos anormales y de emergencia asigna, dentro de descripción de funciones de la operación multipiloto, las siguientes acciones al piloto no a los mandos (pág. 24 a 26 de 45):

- "Llamar por radio para informar de la emergencia"

- "Pasajeros alertar"

- "Las comunicaciones de socorro deberán ser realizadas por el piloto en

reserva. Pedirá autorización al comandante cuando éste se encuentre a los mandos"

Sin embargo, esta información contradice el HASA-OPS.PROT07 y el HASA-OPS. SOP02 que establecen que "en caso de emergencia, cuando el helicóptero se vea en la obligación de efectuar un aterrizaje forzoso, el comandante informará a la brigada de la situación…" (pag. 32 de 46).

Procedimientos relacionados con el transporte de brigadas

El documento de referencia HASA-OPS.PROT07 "PROTOCOLO DE INSTRUCCIÓN DE BRIGADAS EN LAS BASES DE INCENDIOS", edición 1 de 2011 tenía 46 páginas. Este documento incluía el contenido de la formación que se da a las brigadas por parte de HASA. En concreto se describía el helicóptero y todos los elementos del mismo que deben conocer las brigadas, las zonas de seguridad, los procedimientos de embarque y desembarque en distintas condiciones, los procedimientos relacionados con la suelta o recogida del bambi, las comunicaciones internas y externas y un último capítulo dedicado a restricciones (transporte de materiales peligrosos como gasolina, uso de dispositivos electrónicos, incidencias en vuelo y normativa y regulación). Además existía el documento HASA-OPS.FORM05 "PROTOCOLO DE INSTRUCCIÓN DE CUADRILLAS", edición 3 de 2015 de 6 páginas, que recogía de forma esquemática la mayor parte del contenido del documento anterior y que se usaba para impartir formación a las brigadas (de hecho incluía un registro de asistencia). En estos documentos se indicaba que:

- "El comandante es responsable del pasaje y carga…" (pág. 5 de 46).
- "El capataz o técnico de la brigada es el responsable de indicar la herramienta" (pág. 10 de 46).
- "Las herramientas irán perfectamente ancladas y protegidas con cubre filos para evitar cortes" (pág. 20 de 46).
- "La herramienta debe ir sujeta y en el lugar establecido. Se puede utilizar el espacio debajo de los asientos siempre que la herramienta esté bien sujeta" (pág. 3 de 6).
- Durante el embarque, "las brigadas llevarán el casco puesto, irán andando semiagachados, por la zona delantera del helicóptero, se utilizarán ambas puertas y la herramienta por debajo de la altura de la cabeza y en horizontal" (pág. 26 de 46).

- Procedimiento de embarque, "dentro del helicóptero todo el mundo llevará abrochado el arnés y los cascos de protección acústica" (pág. 27 de 46).

- Procedimiento de desembarque: "los miembros de la brigada se pondrán el casco y las gafas de protección" (pág. 28 de 46).

- Respecto a la utilización de las puertas para el embarque y desembarque, los dos documentos dan diferentes criterios: en un documento se indica que "como normal general se hará por la puerta izquierda" (pág. 6 y 7 de 7) y en el otro se indica que se realizará por ambas puertas a la vez (pág. 26 y 29 de 46).

- Situación de emergencia y evacuación del helicóptero (pág. 32 de 46) "en el caso de que el helicóptero se vea en la obligación de efectuar un aterrizaje forzoso, el comandante informará a la brigada de la situación y dará orden de preparar la cabina de pasajeros para un aterrizaje de emergencia:

  - Todos los objetos sueltos deberán estar asegurados para evitar que su proyección, a causa del impacto, pueda ocasionar daños a los pasajeros.

  - Los pasajeros se asegurarán de tener bien colocados los cinturones de seguridad, incluidos los arneses de hombros.

  - Mantendrán la espalda recta y pegada contra el respaldo del asiento, asegurándose de mantener la cabeza apoyada en el reposacabezas, para evitar daños a las vértebras cervicales y movimientos bruscos del cuello.

  - Mantendrán los brazos cruzados sobre el pecho durante la maniobra".

- Informar al resto del personal de la cabina de pasajeros de la emergencia (por el técnico o capataz) (pág. 4 de 6).

- Posición de impacto: espalda apoyada, cabeza apoyada y no se especifica con o sin casco, sólo que la cabeza esté apoyada y el cuello no flexionado, pies y rodillas juntas, brazos cruzados alrededor del cuello sujetando los tirantes de hombro en su parte más alta (pág. 4 de 6).

Además de estos documentos anteriores, existía un procedimiento editado como HASA-OPS.SOP02 "PROCEDIMIENTO DE EMERGENCIA EN CABINA DE PERSONAL OPERATIVO" edición 2 de 2016 de 3 páginas. En este procedimiento se indicaba que "en caso de emergencia en vuelo el comandante comunicará a los pasajeros "Esto es una emergencia. Posición de emergencia" (pág. 1 de 3). Los pasajeros ante esta comunicación adoptarán la posición de emergencia correspondiente"

que, en el caso del incidente, es la descrita en el último punto de la enumeración anterior (posición de impacto).

1.18. Información adicional

1.18.1 Accidente A-031/2016 del operador HASA

El 10 de agosto de 2016, un mes después del accidente del EC-LQA, el operador tuvo otro accidente investigado por la CIAIAC con referencia A-031/2016. El helicóptero modelo SOKOL W3AS matrícula SP-SUC, también realizaba labores de extinción de incendios en Pico del Cabrito en el término municipal de Villa de Mazo (Santa Cruz de Tenerife). Las comunicaciones en cabina de este accidente registraron un total de 5 ciclos de carga-descarga de agua en el incendio hasta el accidente.

La operación que se estaba realizando era, al igual que la del helicóptero EC-LQA, operación monopiloto con dos pilotos para LCI, de acuerdo al RD750/2014. A bordo iban dos pilotos: uno de ellos de más de 5000 h de experiencia total (4 campañas, 360 h en LCI y 388 en el SOKOL) y un segundo piloto de 200 h de experiencia (sin habilitación en el helicóptero y con 2 campañas en LCI). Con intención de identificar similitudes o diferencias en la forma de operar en ambas cabinas (EC-LQA y SP-SUC) se han analizado, en relación con los procedimientos del operador HASA, las comunicaciones del accidente A-031/2016.

Los 30 min de grabación de las comunicaciones en cabina del A-031/2016 mostraron que:

- De los 5 ciclos de carga-descarga grabados, 2 ciclos fueron realizados por el segundo piloto a bordo.

- Durante los periodos en los que el segundo piloto iba a los mandos, se produjo una labor de instrucción del piloto hacia el segundo piloto, con continuas indicaciones, instrucciones y explicaciones de la forma de actuar (tanto en la carga como en la descarga, velocidades, apertura de la descarga, etc.).

- El segundo piloto, para las fechas dentro del periodo de transitoriedad del RD750/2014, y debido a que no tenía habilitación en el helicóptero, podía ir en calidad de tripulante. (Tanto para ser piloto de refuerzo en instrucción como PICUS se necesita habilitación).

- De las comunicaciones durante los 5 ciclos se han constatado:

  - Cambios de mandos entre ambos pilotos con utilización de diferente terminología que no se produjo en todos los casos.

- En los procesos de carga y descarga no se realizó ninguna de las comprobaciones y comunicaciones establecidas por el operador HASA en su procedimiento HASA-OPS.SOP10.

- Las comunicaciones se centraron en la localización de los puntos de descarga, una de ellas sobre el combustible remanente para informar del tiempo remanente de actividad en el incendio y sobre la intensidad del viento en cara.

- Las comunicaciones con el director del incendio eran llevadas generalmente por el piloto que no iba a los mandos, aunque no siempre. En el accidente del EC-LQA las comunicaciones con el incendio eran realizadas por el comandante, fuese o no el piloto a los mandos.

1.19. Técnicas de investigación útiles o eficaces

No aplica.

2. ANÁLISIS

El domingo 17 de julio de 2016, el helicóptero EC-LQA, PZL W3AS, realizó un aterrizaje de emergencia en un terreno de cultivo durante el vuelo de regreso desde un incendio. Las condiciones meteorológicas no eran limitativas para realizar el vuelo, el helicóptero tenía combustible suficiente para realizar el mismo y no se ha identificado ningún problema técnico que hubiese podido contribuir al accidente. El comandante del vuelo era el Responsable de Seguridad de la compañía operadora, cuya experiencia duplicaba a lo que el RD750/2014 considera un piloto de alta experiencia.

El análisis se ha planteado en los siguientes ámbitos:

- 2.1: El inicio del evento, con el cierre incorrecto de la válvula de corte de combustible, como parte de un procedimiento mal asimilado y mal ejecutado con una doble acción deliberada.

- 2.2: El análisis de datos del motor durante los primeros 64 seg tras el evento, en el que se ha confirmado que a los 3 seg de la reapertura de la válvula se estaba produciendo combustión en el motor.

- 2.3: El motor estaba arrancado y funcionando a régimen de ralentí y se mantuvo así hasta el final de vuelo sin que esta condición fuese identificada por la tripulación.

- 2.4: La focalización de la tripulación en la temperatura del motor y en la búsqueda de un campo donde aterrizar que tuvo como consecuencias en la velocidad y el rumbo durante el evento complicando el vuelo posterior.

- 2.5: La decisión de aterrizar fuera de campo, que fue tomada sin valorar otras opciones disponibles.

- 2.6: La maniobra de aproximación y toma que no cumplió con una toma tendida, realizando virajes, con discrepancias en alturas y velocidades.

- 2.7: La falta de comunicación de la emergencia ni a la brigada, para que se preparase para la toma, ni al exterior (CECOP).

- 2.8: Transporte de la brigada y su material, donde los brigadistas mostraron desconocimiento sobre los procedimientos a seguir en vuelo y donde se transportaba material sin atar a bordo, incumpliendo los procedimientos definidos por el operador.

- 2.9: Diseño y documentación de la actividad de LCI de HASA, en el que se analiza la documentación desarrollada por el operador aplicable a este accidente.

- 2.10: Revisión de la operación de LCI de HASA, como conclusión de la distancia existente entre la realidad de los vuelos de LCI en relación con la actividad descrita y desarrollada en su Manual de Operaciones, así como la necesidad de mejorar la definición esta operación a nivel documental.

2.1. Inicio del evento: cierre de la válvula de corte de combustible del motor 1

El evento que inició el accidente fue el cierre de la válvula de combustible del motor 1 (izquierdo). Con esta acción se cerró el suministro de combustible al motor 1 provocando su parada.

Esta acción no responde a ningún procedimiento establecido y pretendía ser la ejecución de un procedimiento de emergencia (Descompensación de cantidad de combustible) incluido en el Manual de Vuelo y en los procedimientos del operador. Durante la ejecución del mismo se produjeron las siguientes desviaciones:

- Se inició con una referencia de combustible errónea.

- Se inició más tarde de lo que indica el procedimiento.

- Se actuó sobre un interruptor equivocado parando el motor.

- Se realizó por el piloto no a los mandos, incumplimiento el modo de operación de monopiloto con dos pilotos.

Las comunicaciones en la cabina, la descripción escrita del incidente por la tripulación y la información recabada durante las entrevistas indican que el procedimiento no había sido aprendido correctamente por la tripulación:

- En primer lugar, el procedimiento debía iniciarse a los 200 l y no a 300 l. Los 300 l utilizados como referencia por la tripulación es el valor a aplicar cuando el exceso de combustible se produce en el depósito delantero y no era ésta la situación que se estaba produciendo en el vuelo. Es decir, o bien se confundían los valores o bien se había tomado el valor de 300 l como referencia a aplicar en todos los casos.

- En segundo lugar, el procedimiento debía ejecutarse cuando la descompensación alcanzara el valor definido en el procedimiento. En este

caso, el procedimiento debió haberse realizado cuando la descompensación alcanzó los 200 l. En el caso del vuelo, y de acuerdo al valor erróneo que utilizaba como referencia la tripulación, a los 300 l. El término "excede" fue entendido de forma diferente por ambos pilotos: para el segundo piloto era un valor que, una vez alcanzado, debía iniciar el procedimiento, y así lo intentó cuando lo propuso por primera vez. Pero para el comandante no había que iniciarlo cuando alcanzase este valor ya que estaba "dentro de límites", según indicó por escrito y confirmó durante la entrevista, y se podía esperar a que siguiese aumentando. Se considera que si bien es cierto que el término "excede" puede dar lugar a diferentes interpretaciones, este valor hace referencia, necesariamente, al límite y se debería tomar esta cifra como referencia para iniciar el procedimiento.

No obstante, el momento en el que apareció este desequilibrio, con el helicóptero en tierra y a punto de recoger a la brigada, el helibalde y el material, hizo imposible ejecutar el procedimiento, ya que la carga de trabajo en ese momento era alta y estaban en la zona de influencia del incendio. El procedimiento, a pesar de no haber recibido ninguna respuesta por parte del comandante, no fue olvidado ya que fue él mismo el que lo retomó cuando la carga de trabajo había disminuido y estaban en una fase de vuelo menos exigente como era el vuelo de traslado.

La ejecución del procedimiento por parte del comandante fue anunciada verbalmente por él y confirmada, también verbalmente, por parte del segundo piloto: "bomba del 1". Se identificó correctamente el interruptor sobre el que había que actuar y de qué motor, pero sin embargo, la ejecución fue errónea y no respondió a lo anunciado verbalmente, a pesar de requerir una doble acción:

- una primera acción de levantar la guarda de color rojo, y

- una segunda acción de modificación de la posición del interruptor.

A pesar de esta doble acción necesaria, el comandante no fue capaz de detectar que estaba actuando sobre la válvula de corte (que por sus consecuencias está protegida por una guarda), indicando una falta de atención sobre lo que estaba realizando. El segundo piloto, a los mandos en ese momento, tampoco detectó sobre qué interruptor estaba actuando el comandante.

Aunque de emergencia, el procedimiento que estaban realizando era "rutinario" y se realizaba sin ningún tipo de presión o situación crítica externa, ya que lo había iniciado la tripulación. Era el vuelo de regreso a la base en una fase de vuelo recto y nivelado. En el caso del comandante venía de un periodo de descanso, por lo que se podrían descartar factores como la sobrecarga de trabajo o la presencia de estresores que hubiesen podido influir en el estado de la tripulación a la hora de

realizar el procedimiento. Los errores y desviaciones que se evidenciaron en la ejecución de este procedimiento (inicio del procedimiento con una referencia de combustible errónea, más tarde de lo que deberían y actuando sobre un elemento equivocado) indican que se hizo de memoria, que no se utilizaron las listas de comprobación y que no se realizó una comprobación (ni supervisión) visual y consciente de la ejecución del procedimiento.

A todo lo anterior se suma el hecho de que la ejecución de este procedimiento por parte del piloto no a los mandos incumplió la forma de operar de este vuelo: operación monopiloto con dos pilotos con procedimientos para un solo piloto. En esta operación no hay reparto ni distribución de funciones entre los dos miembros de la tripulación, por lo que debía haber sido el piloto a los mandos, en este caso el segundo piloto, el que debía haber ejecutado el procedimiento de compensación de combustible. El comandante, como piloto no a los mandos, no podía "tocar" nada por definición de la operación.

A pesar de ser el Responsable de Seguridad, la iniciativa del incumplimiento de la forma de operar surgió del propio comandante sin hacer ningún comentario al respecto. Tampoco lo hizo el segundo piloto aceptando esta forma de operar. En este momento la situación no era crítica (seguían en ruta de regreso a la base sin existir ninguna emergencia) ni había ningún elemento excepcional que justificase que el comandante, que siempre tiene la potestad de realizar las actuaciones que considere necesarias para la seguridad del vuelo, realizase parte de las tareas que debía realizar el segundo piloto como piloto a los mandos.

2.2. Combustión en el motor 1 a los 9 seg del evento

Tanto el comandante como el segundo piloto estaban convencidos de que el motor 1 estaba parado. Tanto es así que este convencimiento condicionó toda la toma de decisiones posteriores: arrancar el motor (primero en vuelo y después en tierra).

Sin embargo, el análisis de los datos muestra que, si bien tras el cierre de la válvula de combustible el motor se paró, después volvió a arrancarse y se mantuvo a un régimen de ralentí o de arranque (palanca de motores en FLIGHT IDLE o START) durante el resto del vuelo.

Tras el evento (cierre de la válvula de combustible) el motor alcanzó valores coherentes con la parada: N1 descendió del 58% (que es el valor de referencia), el TQ se quedó en un 1%, se escuchó el aviso acústico de motor parado, la presión de aceite del motor descendió y los indicadores visuales de motor inoperativo y baja presión aceite del motor 1 se debieron encender en cabina. Todo esto trascurrió los 5 primeros segundos, por lo que la tripulación identificó, de forma correcta, que el motor estaba parado.

Sin embargo, a los 3 seg de que el comandante abriese la válvula (9 seg desde el cierre), los datos de la temperatura (TOT) del motor 1 mostraban una situación distinta: la temperatura registró un pico desde los 420ºC hasta los 623ºC que, no sólo se mantuvo, sino que se incrementó hasta los 681ºC.

Es decir, a los 3 seg de abrirse la válvula (9 seg desde el cierre) se estaba produciendo combustión en la cámara, y además, una combustión mantenida en el tiempo. Que la temperatura alcanzase estos valores a los 3 seg de abrirse la válvula implica dos condiciones: que se estaba produciendo entrada de combustible y que además, en algún momento, se había producido la ignición del combustible:

- Entrada de combustible a la cámara: los dos únicos elementos que cierran la entrada del combustible al motor estaban abiertos a los 6 seg de producirse el evento:

  - La válvula de corte (shutoff valve), que fue abierta por el comandante tras darse cuenta del error, y

  - La palanca del motor 1 (power lever), que estaba abierta en posición FLIGHT (posición normal de vuelo).

- Ignición: respecto a cuándo se produjo la ignición del combustible se consideran dos hipótesis:

  - La autoignición, que sería posible debido a que la temperatura en la cámara de combustión era muy superior a la de autoignición del JET A1 (210ºC). La temperatura TOT, que no es la de la cámara de combustión sino menor, era de 420ºC, por lo que la temperatura en la cámara sería muy superior a 420ºC, más que suficiente para producir la autoignición del combustible que estaba entrando. Además, el tiempo que estuvo el motor sin combustible fue de sólo 5 seg.

  - La generación de chispa en las bujías durante el proceso de arranque (siempre que la posición del selector de arranque estuviese en START y el comandante hubiese pulsado el botón START). El proceso de arranque por parte del comandante fue iniciado inmediatamente, pero fue interrumpido por el segundo piloto, como muestran las comunicaciones en cabina. No existen registros en el FDR de las posiciones de estos interruptores que lo avalen, pero una posibilidad es que el proceso se realizase por el comandante y se hubiese llegado a generar chispa en las bujías.

- Las dos opciones se consideran dentro de la probabilidad y la investigación no ha podido confirmar, con datos, ninguna de las dos. El poco tiempo (3 seg) transcurrido entre la apertura de la válvula y la temperatura del motor ya en 623ºC puede hacer más probable la opción de la autoignición.

Lo que sí confirman los datos es que, fuese cual fuese la condición que generase la combustión (la chispa o la autoignición), a los 9 segundos del evento el motor mantenía un proceso de combustión coherente con unas temperaturas de arranque.

2.3. Motor funcionando a régimen de ralentí

Las conversaciones en cabina durante los primeros 25 seg tras el evento indican discrepancias en el procedimiento a aplicar (arranque del motor o ventilado del mismo), entre el comandante y el segundo piloto. El comandante, actuando sobre el helicóptero, había iniciado el ciclo de arranque[41] pero fue el segundo piloto el que interrumpió el proceso de arranque insistiendo en la necesidad de realizar un crank debido a la temperatura del motor. El segundo piloto, de forma reiterada, daba instrucciones y corregía al comandante sobre el procedimiento a realizar. Los dos pilotos focalizaron toda su atención sobre este indicador. De acuerdo al comportamiento de los parámetros del motor, se considera muy probable que desde estos primeros momentos en los que el comandante realizaba el arranque y el segundo piloto interrumpió este proceso, la palanca del motor 1 se pudo quedar en la posición de START y no se modificó durante el resto del vuelo.

La ubicación de la palanca de motor se encuentra en el panel central sobrecabeza (figura 9) y es una palanca sobre la que no se suele actuar en vuelo, ya que en condiciones normales permanece en FLIGHT. La supervisión del indicador de temperatura y la actuación sobre el panel del sistema de arranque (figura 9) necesitan una posición de la cabeza hacia abajo y frontal, fuera del alcance visual de las palancas de motor, que requieren levantar y girar la cabeza.

Los datos muestran que, efectivamente, se realizó el procedimiento de "Motoring the engine", "crank" o "ventilado del motor" con intención de bajar la TOT. Como consecuencia de este procedimiento, la N1 subió hasta el 73%, situándose la aguja en el arco verde, la luz de motor inoperativo (OEI 1) se debió apagar (por situarse la N1 por encima del 58%[42]) y la luz de baja presión de aceite (al superar el valor del 41%[43]) debió apagarse también.

41.El arranque del motor requiere colocar la palanca del motor en la posición de START y una vez arrancado a IDLE.
42.Límite considerado de referencia de motor operativo-no operativo.
43. La luz de presión de aceite es otra de las referencias para saber si el motor está operativo o no, según el procedimiento del operador.

Por lo tanto, a los 50 seg del evento, los indicadores del motor en la cabina eran inequívocos de que éste estaba en funcionamiento. Sin embargo, ninguna de estas indicaciones visuales en cabina fueron percibidas por la tripulación que, en este momento, seguía focalizada en la temperatura del motor.

Cuando finalizó el "crank" a los 64 seg del evento, el TQ aumentó (1 al 11%), señal también de que el motor estaba en funcionamiento Desde este momento hasta el final del vuelo, los parámetros del motor se mantuvieron en un régimen similar al del ralentí. Si hubiesen adelantado la palanca del motor a la posición de FLIGHT, la emergencia se hubiese dado por finalizada y el helicóptero hubiese seguido volando con los dos motores.

La ejecución del procedimiento del "crank" no se realizó tal y como establece el procedimiento del Manual de Vuelo. A pesar de que en la declaración de la tripulación se indicó que la palanca de motor se situó en la posición de SHUTOFF, esto no pudo producirse, ya que esta posición cierra por completo el suministro de combustible al motor y no habría permitido que se mantuviesen los valores de temperatura que se produjeron. Como se indicaba en párrafos anteriores, se considera que la situación más probable es que la palanca del motor se mantuvo en la posición de IDLE o START, en la que la cantidad de combustible que se inyectaba al motor era mínima para mantener la combustión.

Esta misma tripulación había realizado el mismo procedimiento (crank) al principio del vuelo y en él, habían podido comprobar que los valores de N1 habían subido hasta un 20% (por encima del 14%, según la referencia del Manual de Vuelo). El comportamiento tan distinto del motor ante el mismo procedimiento pudo haber alertado a la tripulación de que la situación no era la misma.

Debido a que el procedimiento del crank no se realizó correctamente, no se consiguió el objetivo buscado. Se estaba manteniendo la combustión en el motor y la temperatura del motor no pudo bajar. Ante esta situación la tripulación desestimó la posibilidad de arrancar el motor. En este punto de la emergencia deberían haber asegurado el motor actuando sobre la válvula de corte de combustible (shutoff valve) y sobre la palanca del motor, situándolas en la posición de CLOSED y SHUTOFF, respectivamente. El registro del FDR confirmó que la válvula se mantuvo abierta y los datos de estarse produciendo combustión en el motor indican que la segunda tampoco se colocó en la posición de corte.

Las actuaciones de la tripulación durante la emergencia incumplieron la distribución de funciones definida para la operación monopiloto con dos pilotos definida para esta operación. El comandante, que no era piloto a los mandos, actuó sobre el helicóptero (en el procedimiento de cierre de la bomba, cuando volvió a restablecer la posición de la válvula de corte, cuando inició el procedimiento de arranque del

motor y cuando realizó el crank o ventilado). Estas actuaciones debería haberlas realizado el piloto a los mandos en ese momento (el segundo piloto). Si bien es cierto que es potestad del comandante realizar las acciones que considere necesarias en situaciones de emergencia, los procedimientos de emergencia se establecen para sistematizar las respuestas antes eventos no deseados y asegurar la correcta gestión de estas situaciones por parte de las tripulaciones. La respuesta será óptima si se actúa de la forma en que se han diseñado y entrenado.

En este caso además, inicialmente, el comandante no asumió el control total de la aeronave (lo haría 86 seg después) sino que actuó sobre el helicóptero a la vez que el segundo piloto que, en teoría, seguía volando el helicóptero ya que no había solicitado un cambio de control. Ambos actuaron a la vez sobre el helicóptero durante 86 seg. Nuevamente, esta forma de afrontar una emergencia no era la que el operador tenía definida en su Manual de Operaciones y tampoco se entrenaba, ya que en una operación monopolito con dos pilotos, tanto el vuelo como la gestión de las emergencias las debe ejecutar el piloto a los mandos. O, si se realiza un cambio de mandos, éste debe ser completo.

En ningún momento de la emergencia se utilizó la lista de comprobación de "Fallo de un motor en vuelo" ni fue requerida o mencionada por parte de ninguno de los dos miembros. De este procedimiento sólo se realizó la parte correspondiente al arranque del motor dejando de realizarse las comprobaciones de las condiciones de fallo del motor, el mantenimiento de la Vy ni asegurar el motor. Con respecto al ventilado del motor, como se indicaba anteriormente, sí se realizó pero se hizo de memoria y no se utilizó ni se mencionó la lista. En ningún momento se hizo referencia al nombre del procedimiento tal cual está en las listas del operador ("ventilado del motor"), sino que se utilizó el término "crank" y la ejecución de este procedimiento, como se indicaba anteriormente, fue incorrecta.

El hecho de que el comandante asumiese parte de las funciones del vuelo supuso un cambio en la forma de operar normal, entrenada y esperada, lo que pudo afectar al hecho de que ni uno ni otro realizasen una revisión básica de los parámetros del motor. Se considera que en el caso de segundo piloto esto pudo estar provocado por esta nueva distribución de funciones en la emergencia y, en el caso del comandante, por una posible merma inicial en su capacidad de análisis y toma de decisiones al haber sido el causante del error inicial. La consecuencia de esta forma de operar y de distribuirse las funciones fue que, a pesar de estar el motor en funcionamiento, no se detectó.

2.4. Focalización y consecuencias en la velocidad y el rumbo

Las comunicaciones en cabina mostraron que:

- Durante la emergencia, en que los dos pilotos estaban actuando a la vez sobre el helicóptero, el segundo piloto estuvo muy pendiente de las acciones que realizaba el comandante y ambos mostraron una focalización completa en la temperatura del motor 1.

- Durante el vuelo posterior, en que el comandante asumió por completo el control del vuelo, ambos pilotos se focalizaron en encontrar un campo para aterrizar.

Esta focalización tuvo como consecuencia que se descuidara el vuelo en lo que respecta a:

- Velocidad: no se mantuvo la velocidad Vy en ningún momento tras la emergencia.

- Rumbo: se mantuvo un rumbo que les acercaba a una zona donde se elevaba el terreno.

Los procedimientos (Fallo de un motor en vuelo y Aterrizaje con un solo motor) establecen que, una vez ocurrido el fallo de un motor, se establezca la velocidad Vy, en este caso, en 70 KIAS según el Manual de Vuelo para las condiciones de ese día. No hay evidencias de que se hiciese ninguna búsqueda en las tablas correspondientes (lo que por otra parte es poco operativo). En ningún momento del vuelo se hizo referencia a esta velocidad ni al término Vy en la cabina. Tampoco se hizo referencia al valor de 65 kt que el operador había fijado para Vy en el procedimiento de Aterrizaje con un solo motor (aunque no para el de Fallo de un motor en vuelo).

En cualquier caso, los datos del registrador muestran que no se mantuvo ni la calculada por Manual de Vuelo de 70 KIAS ni la fijada por el operador de 65 kt. A pesar de que el helicóptero se encontraba volando a una velocidad indicada de 73 KIAS (3 nudos por encima de la Vy calculada y 8 nudos por encima de la Vy que define el operador) cuando se produjo el cierre de la válvula la velocidad fue descendiendo paulatinamente. Este descenso fue tal que cuando se produjo el cambio de mandos completo del segundo piloto al comandante, a los 86 seg del evento, la velocidad había pasado de 73 KIAS a 39 KIAS, perdiendo un total de 34 kt. Esta disminución tan importante de velocidad no fue detectada por ningún miembro de la tripulación, evidenciando una falta de atención sobre los parámetros básicos de vuelo. La focalización de ambos pilotos en la temperatura del motor afectó al mantenimiento de los parámetros básicos de vuelo.

Durante y después de la emergencia se mantuvo el mismo rumbo que traían anteriormente, a pesar de que les acercaba a una zona donde el terreno se elevaba. La tripulación no se planteó dar la vuelta y situarse en una zona más llana, como lo era todo el terreno volado previamente al evento. Esta situación les llevó a tener que realizar dos virajes cerrados, en los que perdieron todavía más velocidad, para bordear las elevaciones y a tomar en un terreno dentro de esta misma zona. Este tipo de maniobras se podrían haber evitado, puesto que el terreno circundante presentaba multitud de opciones para el vuelo sobre zonas mucho más favorables.

2.5. Decisión de aterrizar fuera de campo

Las comunicaciones en cabina muestran que el liderazgo durante toda la emergencia fue ejercido por el segundo piloto. Todas las decisiones fueron tomadas por él: la ejecución del "crank", la decisión de aterrizar y la selección de dos campos para la toma. La decisión de tomar y arrancar el motor en tierra no fue cuestionada por el comandante ya que, según indicó en su declaración, estaba valorando esa opción cuando la planteó el segundo piloto, aunque en el CVR no se registró ningún comentario al respecto.

El helicóptero, por diseño, cuenta con sistemas que garantizan la generación de potencia extra (durante 30 y 2.5 min) para volar con un solo motor. Aunque en este vuelo ninguno de los dos pudieron ser utilizados debido a que los motores estaban en funcionamiento (N1 por encima de 58%), la tripulación lo desconocía. El fallo del motor se produjo en la situación menos crítica de todas (de regreso a base, en una zona conocida por la cercanía a la base y en vuelo recto y nivelado), por lo que el grado de urgencia en aterrizar no era el mayor. El helicóptero volaba, no mostraba ningún problema o dificultad de control, la génesis de la emergencia era conocida, tenían la certeza de que no iba a haber complicaciones posteriores y, además, tenían tiempo. Desde el fallo del motor hasta la toma transcurrieron sólo 4 min. Es decir, la situación, la zona y las capacidades del helicóptero hubiesen permitido una valoración más calmada sobre la zona más idónea para aterrizar.

El CVR no registró ninguna comunicación relacionada con la posibilidad de realizar la toma en otro lugar (pistas cercanas). Y si se produjo internamente esta valoración por alguno de los dos pilotos, no fue comunicada ni compartida con el otro piloto. No se valoró ni confirmó, al menos verbalmente, qué distancia hacía falta para la toma con un solo motor, aunque es cierto que la selección del campo por dimensiones era apta para la toma. El apartado 1.16.7 muestra la ubicación de 4 campos (aparte de los aeropuertos de Cuatro Vientos y Casarrubios), uno de los cuales acababan de sobrevolar tras producirse el evento. Todos los campos poseían pistas de tierra con longitud suficiente como para aterrizar con un solo motor y, manteniendo la velocidad que llevaban, los hubiesen alcanzado en el mismo margen de tiempo que emplearon para realizar la toma (el campo más lejano estaba a 6

min y el más cercano a 2,5 min). Además, toda la zona volada anteriormente presentaba mejores condiciones, por tener menos elevaciones, que donde se produjo la toma finalmente.

A pesar de la cercanía a la base (tan sólo 7 km, lo que hubiese supuesto 4 min de vuelo), no hubiese sido posible el aterrizaje allí por una cuestión de distancia disponible para el aterrizaje (LDA). La base tiene una LDA de 37,7 m y el helicóptero necesitaba, al menos, 85 m, por lo que, efectivamente, como indicó el comandante, no era posible tomar allí. Pero la explicación no era la presencia de una encina en la aproximación, sino que no tenía la distancia necesaria para realizar el aterrizaje.

En conclusión, todas estas cuestiones indican que no se habían identificado durante el vuelo campos o zonas donde realizar un aterrizaje de emergencia y que tampoco se habían identificado en el entorno de la base los posibles campos o pistas viables para aterrizar con un solo motor, teniendo en cuenta que el helicóptero no puede aterrizar con un solo motor en la base. O que, si se conocían, la tripulación no consideró en ningún momento utilizarlas a pesar de la cercanía a las mismas. Tomar en uno de estos campos no hubiese supuesto una extensión del tiempo de vuelo y habría facilitado la toma y un posible rescate posterior.

La decisión de tomar en un terreno a pesar de la cercanía a varias pistas de tierra que hubiesen permitido un aterrizaje más seguro para la toma con un helicóptero con 12 personas a bordo fue aceptada por los dos pilotos. Se considera que en esta decisión influyó la naturaleza de la actividad diaria de la tripulación. Los vuelos de extinción de incendios y traslado de cuadrillas requieren aterrizajes para dejar y recoger personal en zonas no preparadas. La valoración del riesgo en esta decisión estuvo muy condicionada por la cotidianeidad de este tipo de maniobras en la actividad de LCI.

2.6. Maniobra de aproximación y toma

A pesar de que el aterrizaje con un solo motor es, según la información proporcionada por el operador, la maniobra más entrenada en las verificaciones y entrenamientos de tipo, su ejecución en el accidente no cumplió con ninguna de las especificaciones que se definen en el procedimiento. Incluyó virajes cerrados, no se manutuvo la velocidad, no se mantuvieron las alturas y tampoco se utilizó ninguna lista de chequeo.

Los datos recogidos en el apartado 1.11.3 muestran que el helicóptero se encontraba, durante la fase de aproximación final a mayor altura, con un régimen de descenso inferior y a menor velocidad que la establecida en los procedimientos. El hecho de que la selección del campo se realizase en una zona con elevaciones y que no se hubiese realizado un reconocimiento del mismo previamente a la toma, produjo complicaciones:

- El campo, que era de dimensiones suficientes para la toma, estaba en pendiente en dirección longitudinal y transversal, aunque dentro de los límites según Manual de Vuelo.

- La dirección inicial elegida para tomar (306º, longitudinal del campo) tuvo que ser corregida debido a la excesiva pendiente (según el CVR) y a los surcos que fueron detectados cuando ya estaban encima y muy cerca del suelo (según declaración de la tripulación).

- La dirección final elegida (286º, transversal del campo) era la más propicia para la toma, en cuanto a orientación de la pendiente, y a dirección de los surcos, ya que evitaba el posible vuelco del helicóptero.

- Esta corrección en la orientación final de toma necesitó un viraje que se hizo coincidir con la recogida casi al triple de altura que la recomendada (58 m en lugar de 20 m).

Todo esto llevó a que la toma se iniciase a 5 m sobre el terreno, después de un viraje, a 4 KIAS, siendo incapaz el motor número 2 de mantener las revoluciones del rotor y produciéndose el impacto contra el terreno. Debido a que el motor 1 seguía operativo, el helicóptero no estaba trabajando en el régimen de funcionamiento de 30 min OEI, que hubiese proporcionado unos valores de potencia extras. El segundo nivel de régimen de funcionamiento, el máximo, correspondiente a la opción de 2.5 min OEI, tampoco estaba disponible debido a la condición de funcionamiento de los dos motores por encima del 58% de N1.

No obstante, respecto a la utilización del sistema 2.5 min OEI, la tripulación desconocía que el motor 1 estaba funcionando. Realizaban una toma en emergencia, con un solo motor, en un terreno no preparado, en pendiente y con una brigada de 10 personas a bordo. Estas condiciones, las condiciones que la tripulación pensaba que tenían, se consideran adecuadas para la utilización de este sistema de potencia extra que, sin embargo, no utilizaron. De hecho, no hubo ningún comentario por ninguno de los dos pilotos sobre la utilización del mismo. La utilización de este sistema está indicada en los procedimientos del operador y del Manual de Vuelo como opcional y a discreción del piloto en emergencias de motor. La falta de utilización de procedimientos y de listas de chequeo, así como el exceso de confianza, hizo que la tripulación infrautilizase las capacidades del helicóptero para la situación que creían que estaban viviendo.

2.7. Comunicación de la emergencia: a la brigada y al exterior

Los primeros momentos de la emergencia, mientras estaban intentando rearrancar el motor, la tripulación estaba centrada en el propio evento. Sin embargo,

transcurrieron más de 2 min desde que tomaron la decisión de aterrizar hasta que lo hicieron. Teniendo en cuenta que la tripulación estaba formada por dos pilotos no se entiende la falta de información sobre la maniobra que estaban haciendo hacia el exterior.

Por el exterior se entiende:

- A la brigada, en primer lugar, y
- Al CECOP, en segundo lugar.

A pesar de que probablemente la tripulación no se esperaba un desenlace como el que tuvieron, la falta de comunicación al exterior muestra que infravaloraron los riesgos de la operación que estaban realizando.

En primer lugar, a bordo del helicóptero iban 10 personas a las que, en ningún momento, y por ninguno de los dos pilotos, comunicaron la naturaleza de la emergencia o, por lo menos, que iban a aterrizar en emergencia fuera de campo. Esta comunicación es necesaria porque permite a los pasajeros prepararse para la toma adoptando la posición para el impacto. En este caso, y debido a que los brigadistas sentados cerca de los pilotos intuyeron lo que estaba pasando, éstos avisaron por medio de señas al resto y se pudieron preparar para la toma.

Así mismo, la comunicación al CECOP de que iban a tomar fuera de campo y del problema del motor habría sido también necesaria, de cara a una futura necesidad de localización y rescate del helicóptero.

El operador tiene definidas (apartado 1.17.2), como obligatorias, la realización de estas dos comunicaciones con los términos "llamar por radio para informar de la emergencia", lo que habría afectado al CECOP, y "pasajeros alertar", lo que habría afectado a la brigada. Respecto a quién debe realizar las comunicaciones, la documentación no es consistente y deberá revisarse por parte de HASA para homogeneizar el criterio a lo largo de toda su documentación, ya que según el documento que se consulte se asigna al:

- Segundo piloto o piloto de reserva (MO LCI Y SAR-PARTE B.SOKOL), o al
- Comandante (HASA-OPS.PROT07 y HASA-OPS.SOP02).

La no realización por parte de ninguno de los dos pilotos de estas llamadas, ni la mención a esta comunicación, se considera consecuencia de un exceso de confianza en que la toma iba a ser como todas las que hacían normalmente y una infravaloración del riesgo de la situación.

2.8. Transporte de la brigada y su material

El operador tenía desarrollados procedimientos (HASA.OPS.PROT07, HASA.OPS FORM05 y HASA.OPS.SOP02) relacionados con el transporte de las brigadas y su material. Así mismo contaba con un curso para impartir a las brigadas sobre la forma de operar y las medidas de seguridad durante el embarque, desembarque y el vuelo en helicóptero. Al inicio de la campaña los brigadistas habían recibido esta formación que fue impartida por el propio Responsable de Seguridad del operador. Esta formación fue mencionada por los brigadistas durante las entrevistas.

Respecto a los aspectos detectados en el accidente (utilización del casco, utilización de mochilas de espalda y anclaje de la herramienta a bordo), los procedimientos del operador definen lo siguiente:

- Sólo se obliga el uso del casco para embarque y desembarque del helicóptero.
- Con o sin casco, se deberá mantener la cabeza bien apoyada en el reposacabezas para que el cuello no esté flexionado.
- La espalda se mantendrá recta y pegada contra el respaldo del asiento.
- Las herramientas irán perfectamente ancladas y sujetas.

Respecto a estas directrices establecidas por el operador y transmitidas a las brigadas, la situación que se dio en cabina durante el accidente evidenció que:

- Los brigadistas desconocían si el casco debía llevarse puesto o no como muestra que algunos lo llevasen puesto y otros no. Los que proporcionaron más detalles sobre el procedimiento indicaron que debía llevarse en aterrizajes y despegues. Si, como indicaron todos ellos, el casco no cabía en el reposacabezas y les impedía llevar el cuello adecuadamente apoyado, el criterio debería ser quitarse el casco en vuelo. En este caso, debería establecerse dónde y cómo llevar el casco.
- Los brigadistas desconocían si la mochila podía llevarse puesta en la espalda o no como evidencia que algunos la llevasen puesta y otros no. Además el contenido de la mochila variaba de un brigadista a otro incluyendo, en algunos casos, material de corte. Debería definirse qué material de uso personal de los brigadistas se lleva a bordo y cuál es la manera más adecuada y segura de transportarlo. Al igual que en el caso de los cascos, debería definirse a priori qué llevar y cómo llevarse en vuelo.
- Los batefuegos iban sin atar a pesar de que el procedimiento del operador establece claramente que todo el material debe ir atado.

- La sujeción utilizada para la caja de herramientas mostró ser insuficiente en el accidente ya que se soltó y el material se venció sobre un brigadista.

Con estos resultados, se considera necesario emitir una recomendación a la Comunidad de Madrid para que, conjuntamente con INFOSA y HASA revise, amplíe y complete, teniendo en cuenta la experiencia de este accidente, los procedimientos que ya están definidos para el transporte de brigadas y su material:

- Qué material de trabajo de las brigadas se lleva en la cabina de pasaje.

- Qué métodos de anclaje se utilizan para amarrar este material teniendo en cuenta la experiencia de este accidente.

- Qué material personal de los brigadistas se debe utilizar en vuelo para asegurar que se cumple con los criterios de las posiciones de impacto. Si los cascos y mochilas no se consideran compatibles para mantener la posición de seguridad, deberá valorarse dónde y cómo se transportan en vuelo.

Además, se deberá asegurar que estos criterios son conocidos por las brigadas reforzando la formación que reciben al respecto ya que, a pesar de que había procedimientos y se había dado formación, este accidente evidenció que algunos contenidos o se desconocían o no se estaban aplicando.

De forma adicional, los procedimientos mencionan la utilización de unos cascos de protección acústica y gafas por parte de los brigadistas y alguna discrepancia en la puerta (izquierda o ambas) a utilizar en el embarque y desembarque que deberá revisarse por parte de HASA.

2.9. Diseño y documentación de la actividad de LCI de HASA

La operación que realiza HASA tiene como documentación de referencia el Manual de Operaciones de la actividad de lucha contra incendios. Este es el documento base en el que el operador define, describe y desarrolla la forma en que realiza sus operaciones de LCI.

El Manual de Operaciones en el que HASA desarrollaba la forma de operar en LCI era compartido para la actividad de SAR. Estas dos actividades se describían en 45 páginas (para el SOKOL), además de un conjunto de protocolos (PROT o checklist) y procedimientos generales (SOP). A lo largo de los apartados 1.16 y 1.17 se ha mostrado la información que, de aplicación a este accidente, se ha analizado del MO LCI Y SAR de HASA.

Respecto al MO LCI Y SAR. PARTE B. SOKOL

Las secciones 2 y 3 de la parte B del MO LCI Y SAR, dedicados a cómo se opera en condiciones normales y de emergencia, no establece diferencias entre la actividad LCI y SAR, por lo que se entiende que el contenido es el mismo para ambas operaciones.

El manual no establece claramente qué operación realiza HASA para LCI (y tampoco para SAR). En los apartados dedicados a funciones asignadas a la tripulación para situaciones normales y de emergencia se incluyen expresiones como las siguientes:

- "En general la operación será monopiloto"
- "Para las operaciones con dos pilotos"
- "Para las operaciones multipiloto"

Respecto a estas tres expresiones, y de acuerdo a la información contenida en el apartado 1.17.1 sobre el RD750/2014 y su material orientativo, se considera que son ambiguas y que no indican, claramente, qué operación se realiza y cuáles son las funciones que deben realizar los dos pilotos que van a bordo del helicóptero:

- El término "en general" no es una expresión adecuada para explicar una operación en un MO. El MO debe definir claramente qué tipo de operación realiza. Se realiza siempre o nunca, y debe ser acorde con la aprobación de la AESA.
- El término "monopiloto" no es concreto porque la operación monopiloto puede realizarse con 1 o 2 pilotos y, dentro de llevar 2 pilotos pueden desarrollarse procedimientos para 1 o 2 pilotos según el material orientativo.
- El término "operaciones con dos pilotos" tampoco define qué tipo de operación se realiza ya que el hecho de que vayan dos pilotos a bordo no significa nada, pues la operación podrá ser mulitpiloto o monopiloto.
- El término "multipiloto" se refiere a una operación que no está aprobada para HASA, al menos en cuanto a la actividad de LCI se refiere. El MO no especifica a qué actividad se aplica el modo de operación mulitipiloto.

Como se indicaba en el apartado 1.17.1, establecer únicamente si se opera con uno o dos pilotos para describir una operación no es suficiente ya que deberá concretarse qué tipo de operación se realiza y para cuántos de los pilotos a bordo se definen procedimientos.

Se puede intuir por la documentación que cuando el MO se refiere a "operaciones con dos pilotos" se está haciendo referencia a la operación multipiloto, por lo que todas las explicaciones respecto al uso de las listas y las funciones asignadas al piloto a los mandos en las que se establecen funciones al piloto a los mandos, al piloto no a los mandos, al PF y al PNF sólo se refieren a la operación mulipiloto que HASA, para LCI, no realiza.

Respecto a los PROT o checklist

El MO tenía definidas listas de comprobación o checklist para aquellos procedimientos incluidos en el Manual de Vuelo. Es decir, para procedimientos normales y de emergencia relacionados con el manejo del helicóptero. No existían listas de comprobación para la actividad de LCI, como tal, para llevar a bordo de la aeronave y para su uso por parte de las tripulaciones. Para la operación LCI el operador tenía un SOP que contenía una narración y explicación teórica de cómo realizar las actividades de LCI.

Los PROT o Checklist analizados en la investigación eran una copia prácticamente literal de los establecidos en el Manual de Vuelo a las que se habían incluido algunas modificaciones. Respecto a la literalidad del contenido de las listas se mencionan los siguientes aspectos:

- Se había prefijado la Vy en 65 kt en lugar de tener que consultar las tablas correspondientes según las condiciones de operación del día. Esta velocidad se había prefijado sólo en la lista de "Aterrizaje con un solo motor". En otras listas donde la Vy también se utiliza, como por ejemplo en la lista ""Fallo de un motor en vuelo", se mantenía el término Vy.

- En la lista de "Rearranque en vuelo" se había eliminado el redireccionamiento a la realización del procedimiento "Parada emergencia de un motor" para el caso de que el rearranque fuese fallido.

- En la lista de "Ventilado del motor" se había utilizado el término MOTOR en lugar de CRANK para indicar la posición del interruptor de arranque. Este término (MOTOR) no existe en el helicóptero.

- Las listas no tenían numeradas las tareas a realizar.

- Las listas incluían referencias a la aplicación del Manual de Vuelo.

- Las listas no incluían, o si estaban incluidos, no estaban identificados, cuáles eran los puntos de memoria que había que realizar en situaciones de

emergencia. Estos puntos de memoria estaban mencionados en la parte B del MO LCI y SAR- procedimientos anormales y de emergencia.

- Las listas supuestamente utilizables en la operación mulitipiloto no tenían identificado qué reparto de tareas y quién realizaba cada acción o tarea de la lista.

- La recomendación a la utilización del sistema 2.5 min OEI se incluye antes de cada lista normales de despegue y aterrizaje y, sin embargo, en las de emergencia, por ser una copia literal del Manual de Vuelo, se deja en la introducción y no se incorpora antes de cada lista relacionada con emergencias motor, perdiendo la posibilidad de utilización de este sistema.

El resto de las listas eran una traducción al castellano de las del Manual de Vuelo. Sobre la utilización literal de estas listas se consideran objeto de mejora las mismas valoraciones que se realizan en el apartado 2.11 para las listas del fabricante.

Respecto al contenido, la revisión de las listas desarrolladas como de aplicación para 1 piloto (suponiendo que éstas se refieren a la operación en monopiloto con dos pilotos con procedimientos para 1 piloto) con respecto a las denominadas como de 2 pilotos (entendidas éstas como las de aplicación para operación multipiloto), muestra que el contenido era exactamente el mismo: el de las listas definidas en el Manual de Vuelo para un solo piloto. Es decir, si HASA estaba realizando operaciones multipiloto con el helicóptero SOKOL, las listas que tenía desarrolladas para ellas no estaban adaptadas a este modo de operar.

Existía falta de concordancia en la forma de identificar las listas en la parte B del MO LCI Y SAR con el propio nombre de las listas (PROT). Dentro de cada lista existían diferentes denominaciones según la página de la lista. En concreto, las listas de comprobación de procedimientos normales para 1 piloto, suponiendo que con este término el operador quería referirse a la operación "monopiloto con dos pilotos con procedimientos para un piloto" (HASA.OPS.PROT09), en la edición en vigor en el momento del accidente tenía tres encabezados diferentes y ninguno coincidía con la identificación de la lista en la parte B del MO:

- Checklist normal SOKOL 1 piloto (MO LCI Y SAR.PARTE B).

- CHECKLIST SOKOL PROCEDIMIENTOS NORMALES UN PILOTO (pág. 1 a 7).

- CHECKLIST SOKOL (pág. 8 a 16).

- CHECKLIST SOKOL DOS PILOTOS (pág. 17 y 18).

De aplicación en el accidente, las listas correspondientes a los procedimientos de emergencia para 1 piloto tenían también, según la página diferentes denominaciones y se incluían las advertencias y distribución de funciones descritas para la operación multipiloto que eran inconsistentes con las directrices que se daban en la parte B del MO LCI Y SAR:

- Checklist emergencia SOKOL 1 piloto (MO LCI Y SAR.PARTE B).

- CHECKLIST SOKOL PROCEDIMIENTOS EMERGENCIA UN PILOTO (pág. 1 a 5).

- CHECKLIST PROCEDIMIENTOS EMERGENCIA SOKOL DOS PILOTOS (pág. 6 a 47).

- "En el caso de volar dos pilotos, la emergencia será gestionada por el PF, esto quiere decir que el PF seguirá volando y el PNF leerá la lista de chequeo, para que el PF la ejecute" (pág. 3 de 47).

- "En el caso de emergencia se emplearán listas de chequeo usando el mismo procedimiento que ha sido descrito en B2 (procedimientos normales)". Esta frase hace referencia a que es el único piloto el que realiza y lee la lista siguiendo el método de hacer-verificar.

En conclusión, la documentación del operador (Manual de Operaciones, procedimientos y listas de comprobación asociados) en relación con la forma de operar en LCI con el helicóptero SOKOL necesita una revisión completa para clarificar y definir aspectos como los siguientes:

- Las ambigüedades relacionadas con la definición concreta del tipo de operación, evitando la utilización de términos que no permiten identificar claramente qué tipo de operación se realiza.

- Cuáles son las listas de comprobación que deben utilizarse para los vuelos de LCI puesto que el Manual se comparte con la actividad de SAR.

- Las contradicciones existentes sobre las funciones que se asignan a los dos pilotos en las situaciones anormales y de emergencia, para que sean coherentes con la operación que el propio operador dice realizar y para la que está aprobada: la operación monopiloto con dos pilotos con procedimientos para un piloto.

Respecto a los procedimientos específicos de la actividad de LCI

Como se indicaba anteriormente, los únicos procedimientos que, como tal, tienen una lista de comprobación para que sea utilizada por los pilotos en vuelo, son los que existían ya en el Manual de Vuelo. Los procedimientos a aplicar en los incendios están definidos en dos documentos de HASA (HASA-OPS.SOP01 y HASA-OPS. SOP10), que no tienen asociada una lista de comprobación o checklist de utilización por parte de los pilotos. El caso concreto del SOP10, además de una descripción narrada de la forma de operar y actuar en el incendio, contiene una secuencia de comunicaciones que deben realizarse en las diferentes fases del incendio.

Textualmente, el SOP10 indica que tanto PF como PNF deben realizar estas comunicaciones que, en el apartado 1.17.2, se han transcrito y que numeradas suponen un total de 40 frases.

La fraseología utilizada durante los 3 ciclos de carga-descarga en el incendio muestra que las comunicaciones establecidas por el operador en su procedimiento SOP10 no se utilizaron. La terminología utilizada por la tripulación fue distinta y no todas las comunicaciones definidas se realizaron. Teniendo en cuenta las realizadas y las establecidas por el operador en sus procedimientos, se obtiene un valor de ejecución de un 29% respecto al total definido. Este valor se distribuyó de la siguiente manera:

- comunicaciones en aproximaciones a zonas de carga (3): 50%, 30% y 20%
- comunicaciones en descargas (3): 25%, 12%, 0%
- comunicaciones en aterrizaje con bambi dentro (1): 50%
- comunicaciones en aterrizaje con bambi fuera (1): 36%
- comunicaciones en embarque de brigada (1): 33%
- comunicaciones en despegues (2): 25% y 50%

Además del valor cuantitativo del porcentaje de comunicaciones realizadas, de relevancia para la seguridad, las comunicaciones en el incendio evidenciaron que:

- No hubo ninguna confirmación verbal por parte del jefe de la brigada de que el desembarco había finalizado y el helicóptero estaba OK.
- No se hizo la prueba de suelta de descarga de agua ni siquiera en el primer ciclo de carga.

- En la segunda descarga se produjo una intervención del piloto no a los mandos (en este caso el comandante) que descargó el agente extintor sin comunicarlo al segundo piloto.

- En el último despegue para regresar a la base, la puerta del segundo piloto se había quedado abierta y la cerraron con el helicóptero ya en vuelo, provocando un cambio de mandos en esta fase.

- No se respetó el concepto de la cabina estéril, por parte del técnico de la brigada, en el despegue de regreso a base cuando solicitó realizar una vuelta de reconocimiento.

El vuelo del accidente ocurrido un mes después a la aeronave SP-SUC del mismo operador HASA, que realizaba un vuelo de LCI, mostró una situación todavía peor ya que las comunicaciones fueron inexistentes y en ninguno de los cinco ciclos de carga y descarga se realizó ninguna comunicación de las establecidas por el operador ni siquiera utilizando otra terminología.

2.10. Revisión de la operación de LCI de HASA

En los apartados anteriores de este análisis se han identificado errores e incumplimientos cometidos por la tripulación. Pero el único objetivo de caracterizar las actuaciones de la tripulación es explicar por qué una tripulación cualificada y experimentada comete estos errores. Ningún piloto pudiéndolo hacer bien lo hace mal deliberadamente, motivo por el cual la identificación de los errores y transgresiones cometidos durante un evento son considerados, desde el punto de vista de la investigación de accidentes, como consecuencias o síntomas.

Los errores ayudan a explicar qué ha desencadenado el accidente pero deben ser tratados como las consecuencias de una manera de trabajar. Desde este enfoque, toda la información expuesta en apartados anteriores (toma de decisiones, aplicación de procedimientos, utilización de listas de comprobación, utilización de comunicaciones en el incendio, distribución de funciones, diseño de listas y definición de la operación) permite obtener conclusiones sobre la rutina operativa de HASA.

Se ha tenido información sobre las prácticas reales en las fases de vuelo normal de traslado (2 fases), en las fases de extinción en el incendio (8 ciclos de descarga: 3 de EC-LQA y 5 de SP-SUC), durante una situación de emergencia y por dos tripulaciones diferentes (tripulación del SP-SUC y del EC-LQA) formadas por tres comandantes incluyendo al Responsable de Seguridad en la compañía. El análisis de esta información permite concluir que los errores cometidos durante el accidente fueron consecuencia de una forma de operar rutinaria establecida en la compañía. Los procedimientos de operación no se realizaban tal y como estaban definidos por

el operador en su documentación de referencia. Tampoco estaba instaurada la utilización de listas de chequeo como medio para detectar errores en la ejecución de dichos procedimientos. Esta forma de operar llevó consigo que, a partir de un error en la ejecución de un procedimiento, no funcionasen las actuaciones posteriores (rearranque y procedimiento de ventilado del motor) como medio de recuperación de la situación ya que los procedimientos se ejecutaron mal.

La forma de operar "monopiloto con dos pilotos con procedimientos para un piloto" tampoco mostró estar interiorizada. El hecho de existir dos comandantes a bordo sin una definición clara de las funciones de cada uno, puede tener como consecuencia que se den situaciones como las del accidente, en que ambos pilotos actuaban sobre el helicóptero durante la emergencia dejándose de realizar actividades básicas como volar el helicóptero o monitorizar los parámetros básicos de vuelo.

En este sentido la definición, descripción y desarrollo, a nivel documental, de la operación de LCI de HASA contenía ambigüedades y no existía una definición clara de las funciones que debe asumir cada miembro de la tripulación en cada fase del vuelo. Esto se reflejó en la operación que del vuelo del accidente, donde se produjo una mezcla de operación monopiloto con operación multipiloto.

Como conclusión, se considera que este accidente ha puesto de manifiesto que es necesario realizar una revisión de la operación de LCI que realiza HASA a tres niveles:

- Existía una gran distancia entre el diseño teórico de la operación de LCI de HASA (reflejado a nivel documental) con lo que, en realidad, estaba ocurriendo en las operaciones. Esto se evidenció no sólo en las fases de vuelo de traslado sino también en las actividades de extinción de incendios. Para conseguir que esta diferencia no exista se debe incrementar o mejorar la labor de supervisión periódica que realiza el propio operador sobre su actividad, asegurando que es capaz de conocer lo que ocurre en las cabinas de vuelo y cómo se realizan las operaciones reales.

- Es necesario que el operador HASA, con la experiencia obtenida de este accidente y el del accidente A-031/2016, realice una revisión sobre el contenido de la documentación que ha desarrollado para la actividad, ya que quizá uno de los factores que puedan explicar que las tripulaciones no apliquen los procedimientos sea debido a que éstos no son fácilmente aplicables directamente a la operación. Esta revisión se recomienda en dos ámbitos:

  - Una revisión para asegurar que los procedimientos contienen todos los pasos y tareas necesarios para conseguir el objetivo que cada procedimiento persigue y que está claramente definido quién debe realizar cada tarea.

- Una revisión de la aplicabilidad de los procedimientos en la operación real, tomando como ejemplo el elevado número de comunicaciones a realizar en el incendio que se han definido y que hace muy difícil su cumplimiento en cada uno de los ciclos de carga y descarga.

• Se considera necesario que el operador refuerce la formación teórica y práctica de sus tripulaciones en los siguientes contenidos y áreas:

- Procedimientos básicos de vuelo del W3AS SOKOL.

- Procedimientos de emergencia del W3AS SOKOL.

- Performance del W3AS SOKOL en operación normal y en emergencia.

- Procedimientos en extinción de incendios.

- Procedimientos operativos de las bases de incendios donde opera HASA.

- El uso de listas de comprobación y de la monitorización como defensas contra los errores en cabinas monopiloto con dos pilotos.

- Gestión de errores y amenazas en la cabina de vuelo adaptada a la operación monopiloto con dos pilotos.

- Gestión de los recursos en cabina (CRM) adaptada a la operación monopiloto con dos pilotos.

- Técnicas de cooperación o coordinación entre miembros de la tripulación adaptadas a la operación monopiloto con dos pilotos.

Esto, en definitiva, es asegurar que el Manual de Operaciones se ha adaptado a la operación de lucha contra incendios para la que HASA está autorizado, que refleja la realidad de las operaciones y que existen mecanismos eficaces para detectar separaciones entre la realidad y la actividad diseñada.

2.11. Procedimientos del Manual de Vuelo del helicóptero PZL W-3AS

La investigación se ha centrado en los procedimientos aplicables a la casuística de este accidente. Como se ha ido explicando en los apartados anteriores del análisis y en la parte factual (apartados 1.16.4 a 1.16.6) se han detectado varios aspectos a mejorar en los procedimientos, que son objeto de recomendaciones de seguridad dirigidas al fabricante del helicóptero:

2.11.1 Procedimiento "Excess of Fuel in Either Engine Group of Cells"

Del procedimiento "Excess of Fuel in Either Engine Group of Cells" (Section 3-Emergency Procedures, pag 3-32) se considera que el término "excede" es ambiguo y dio lugar a distintas interpretaciones entre la tripulación del vuelo. Se considera que el procedimiento debe establecer cuál es el valor concreto y que, cuando este se alcance, se aplique el procedimiento. La sustitución del término "excede" por "sea igual" clarificaría este procedimiento.

2.11.2 Procedimiento "Engine Restart in Flight"

Del procedimiento "Engine Restart in Flight" (Section 3-Emergency Procedures, pág. 3-5) se considera necesario realizar las siguientes acciones:

- Reubicar el paso de la comprobación de la TOT del motor. Actualmente este paso se encuentra en la sexta posición, mientras que debería ser el primero del procedimiento. Esto evitaría, por ejemplo, que se hubiese producido un arranque en caliente o la autoignición que se pudo producir en este caso al realizar el segundo paso del procedimiento (palanca de motor en START).

- Establecer qué se debe hacer si la TOT excede del valor de 270ºC. No existe ninguna explicación o redireccionamiento a otro procedimiento. El procedimiento debería completarse con las acciones a realizar en esta situación y que, según el fabricante, son dos:

  - O esperar a que baje la temperatura, lo cual ocurre por la incidencia del viento en vuelo de traslación,

  - O aplicar el procedimiento de Motoring the engine.

Ninguna de las dos actuaciones está indicada en el procedimiento. La tripulación del vuelo desconocía la primera opción que, por otra parte, no se menciona en ninguna parte del Manual de Vuelo.

2.11.3 Valores de TOT máximas para el arranque de un motor

Se considera necesario revisar si el valor de 270ºC establecido como máximo valor de la temperatura es adecuado teniendo en cuenta que la temperatura de autoignición del JET A1 es de 210ºC, y que la temperatura de la cámara de combustión siempre será mayor que la que se registra con los sensores de la TOT.

2.11.4 Procedimiento "Motoring the engine"

Este procedimiento, incluido en la sección 2, como parte de los procedimientos normales de arranque de los motores, tiene tres condiciones previas que no están incluidas como parte de los pasos del procedimiento, sino que vienen de la lista anterior (Before starting engines) pero que deberían incluirse en el procedimiento:

- Posición de la palanca del motor (engine power lever) en OFF
- Posición de la válvula de corte de combustible (shutoff valve) en OFF
- Posición del interruptor de ignición en OFF

Los dos últimos pasos son redundantes a la actuación del sistema de arranque (starter) en la posición de START, en el que, teóricamente, la ignición y el combustible se mantienen cerrados. No obstante, se incluyen como parte del aviso de precaución previo al procedimiento y se considera necesario que el fabricante revise si es necesario o no, situar los dos últimos interruptores en la posición que indica el aviso.

2.11.5 Preactivación obligatoria del dispositivo 2.5 min OEI

En comparación con los procedimientos a aplicar en performance 1 (los incluidos en la sección 5A del Manual de Vuelo), los procedimientos a aplicar en performance 2 (los incluidos en las secciones 1 a 4 del Manual de Vuelo) no incluían la utilización, como obligatoria, del dispositivo de potencia máxima 2.5 min OEI. Teniendo en cuenta que su preactivación, pulsando el botón correspondiente en la empuñadura del colectivo, no supone la utilización de este sistema, sino que deja abierta la posibilidad de utilizarlo de forma automática en caso necesario, no se entiende por qué no está definida su preactivación en todas las ocasiones.

Se emite una recomendación en este sentido, para que los procedimientos de las secciones 1 a 4 del Manual incluyan la utilización obligatoria de este dispositivo, en los mismos casos en que se realiza para las operaciones en performance 1 (sección 5A).

3. CONCLUSIONES

3.1. Constataciones

General:

- El helicóptero realizaba labores de extinción de incendios y traslado de personal especializado.
- El operador y el helicóptero contaban con todas las autorizaciones y licencias necesarias para realizar el vuelo.
- Las condiciones meteorológicas no eran limitativas para el vuelo.
- El vuelo del accidente era el primero del día para el helicóptero y la tripulación.
- El helicóptero llevaba suficiente combustible para realizar el vuelo.
- Durante el vuelo no se produjo el fallo de ningún componente ni sistema del helicóptero, descartando su influencia en el accidente.
- No se han encontrado elementos relacionados con el mantenimiento previo del helicóptero que hubiesen podido influir en el accidente.
- La tripulación estaba formada por un comandante y un segundo piloto bajo supervisión.
- La experiencia del comandante era de 1245 h, el doble de lo que se considera piloto de alta experiencia según el RD750/2014. Tenía experiencia en la zona y estaba descansado, venía de un periodo de vacaciones.
- La experiencia del segundo piloto era de 682 h.

Sobre el vuelo previo al evento:

- El vuelo de traslado se realizó a una velocidad media de 70 KIAS.
- El comportamiento de los motores fue normal.
- El piloto a los mandos durante el vuelo de ida al incendio y durante el primer y tercer ciclo de carga-descarga fue el comandante.

- El piloto a los mandos durante el segundo ciclo de carga-descarga y el vuelo de regreso era el segundo piloto.

- No se realizó ninguna lista de chequeo durante esta fase.

- En el incendio se realizaron un 29% de las comunicaciones definidas por el operador en su Manual de Operaciones. Este 29% realizado utilizó diferente terminología a la definida en el Manual de Operaciones.

Sobre el evento:

- El evento se inició con un error en la ejecución del procedimiento de "Descompensación de cantidad de combustible": el cierre de la válvula de corte de combustible (fuel shutoff valve) del motor 1 (izquierdo) en lugar de la actuación sobre la bomba de refuerzo (booster pump) de ese motor.

- La válvula de corte de combustible se mantuvo 5 seg cerrada y después se volvió a abrir.

- Cuando se produjo el evento, la aeronave volaba a 73 KIAS y estaba a 180 m sobre el terreno.

- A los 8 segundos del evento, el motor 1 alcanzó valores de funcionamiento compatibles con la parada y la tripulación identificó que el motor estaba parado.

- En el segundo 9 tras el evento, los valores del motor 1 indicaban que se estaba realizando combustión en la cámara (TOT= 620-680 °C) y que ésta se mantenía en el tiempo.

- La tripulación intentó rearrancar el motor pero la TOT superaba los 270ºC y decidió realizar un procedimiento de "crank" o ventilado "Motoring the engine" que no funcionó puesto que el motor estaba arrancado y manteniendo la combustión y el procedimiento se realizó de forma incorrecta. Debido a esto, no continuaron con el proceso de rearranque.

- En el segundo 50 tras el evento, todos los parámetros del motor 1 indicaban que éste estaba arrancado y funcionando a régimen de ralentí: TOT= 474ºC, N1=73% y TQ=11%.

- El estado de funcionamiento del motor 1 no fue reconocido por la tripulación, que seguía pensando que estaba apagado.

- A pesar de que pensaban que el motor 1 estaba apagado, no fue asegurado (palanca de motor y válvula de corte de combustible a SHUTOFF y CLOSED respectivamente) por parte de la tripulación, y se mantuvo funcionando a régimen de ralentí el resto del vuelo.

- La potencia de 30 min OEI y de 2.5 min OEI en el motor 2 no llegaron a estar disponibles puesto que el motor 1 no estaba apagado, sino funcionando a unos valores de N1 superiores al 58%. A todos los efectos, los dos motores estaban operativos, sólo que uno de ellos al ralentí.

- La velocidad de Vy no se mantuvo en ningún momento del vuelo.

- La tripulación al completo se focalizó en la TOT del motor 1 desatendiendo el resto de aspectos del vuelo.

- El segundo piloto lideró las actuaciones a realizar durante el evento: decidió qué procedimiento realizar, interrumpió al comandante y estuvo pendiente de supervisar las actuaciones del comandante.

- Se desatendieron las labores básicas durante la emergencia: mantener velocidad y plantificar el resto del vuelo. La velocidad descendió desde los 73 KIAS a los 39 KIAS y el rumbo se mantuvo acercándose el helicóptero hacia una zona con elevaciones que complicó la toma.

- Durante 86 seg los dos pilotos estuvieron actuando sobre el helicóptero incumpliendo la distribución de funciones definida para la operación "monopiloto con dos pilotos con procedimientos para un piloto" para la que está aprobada HASA.

- El procedimiento de "Fallo de un motor en vuelo" no se realizó y no se utilizó la lista de comprobación.

- El procedimiento de "Rearranque en vuelo" se realizó pero no se utilizó la lista de comprobación.

- El procedimiento de "Ventilado del motor" se realizó incorrectamente y no se utilizó la lista de comprobación.

Tras el evento:

- El piloto a los mandos, tras 86 seg de intervención conjunta con el segundo piloto, pasó a ser el comandante.

- La tripulación, convencida de que iban con un solo motor, decidió aterrizar en un terreno para arrancar allí el motor.

- Entre el evento y la toma transcurrieron 4 min, mostrando una precipitación en la elección del campo, a pesar de que el helicóptero volaba perfectamente y tenían tiempo y terreno suficiente para haber realizado una elección mejor.

- En la elección del campo no se valoraron otras opciones más seguras (había pistas de tierra cercanas que acaban de sobrevolar con longitud suficiente para aterrizar con un solo motor).

- El campo elegido estaba en pendiente y tenía surcos que no habían sido advertidos inicialmente, lo que les obligó a realizar un viraje en el último momento.

- La decisión de aterrizar no fue comunicada ni a la brigada ni al CECOP, ralentizando las futuras labores de búsqueda y rescate en caso de ser haber sido necesarias.

- La aproximación y la toma no cumplieron con los criterios de aproximación tendida y toma con un solo motor (ni en velocidad, ni en altura, ni en rumbo, ni en régimen de descenso). Se realizaron virajes hasta los momentos finales de la toma.

- El motor 2 no fue capaz de mantener las revoluciones necesarias para realizar la recogida.

- La tripulación no utilizó el sistema 2.5 min OEI. Aunque este sistema no estaba disponible la tripulación lo desconocía.

- El material de trabajo de las brigadas estaba o suelto (batefuegos) o no adecuadamente sujeto (caja con herramientas de corte) y se desprendió y movió durante el accidente, volcándose sobre uno de los brigadistas.

- Todas las personas a bordo abandonaron el helicóptero por sus propios medios.

- El liderazgo durante esta fase fue ejercido por el segundo piloto: decidió aterrizar para arrancar el motor, eligió los posibles campos donde aterrizar, monitorizó y supervisó las acciones de comandante.

- El procedimiento "Aterrizaje con un solo motor" se realizó incorrectamente y no se utilizó la lista de comprobación.

Sobre el operador y la definición de su operación de LCI:

- El operador tenía desarrollados procedimientos y listas de chequeo para la operación de lucha contra incendios como parte del Manual de Operaciones LCI que compartía con la actividad de SAR.

- El operador tenía aprobada la operación de "monopiloto con dos pilotos con procedimientos para un piloto" para la LCI.

- El MO LCI Y SAR no definía claramente qué operación realizaba y contenía términos ambiguos respecto a la operación (monopiloto, dos pilotos, multipitoto).

- El MO LCI Y SAR no indicaba qué procedimientos eran de aplicación a los vuelos de LCI.

- El MO LCI Y SAR no indicaba qué funciones tenía asignada la tripulación para cada fase del vuelo y contenía contradicciones a este respecto.

- Los procedimientos y listas de comprobación revisados en esta investigación contenían aspectos o contenidos a mejorar, completar o corregir. En algunos casos eran listas incompletas para la consecución del objetivo (como el caso de "Ventilado del motor" o "Rearranque en vuelo"), en otros había un excesivo número de acciones a realizar ("Comunicaciones en el incendio"), o faltaba homogeneización entre procedimientos (por ejemplo la asignación de Vy en 65 kt en todos los procedimientos aplicables).

- El material de trabajo de las brigadas debía ir anclado y sujeto, condición que se incumplió en el vuelo del accidente.

- A pesar de la formación impartida por el operador a la brigada, se desconocían o no se aplicaban los criterios establecidos por el operador sobre el uso (de qué forma y en qué momento se deben usar) del casco y las mochilas para mantener la postura de seguridad.

- La tripulación realizó los procedimientos de memoria.

- La ejecución de los procedimientos fue incompleta y se cometieron errores.

- La tripulación no utilizó ninguna lista de comprobación en ningún momento del vuelo, ni en la emergencia ni antes de la emergencia.

Sobre el fabricante:

- El Manual de Vuelo no deja claro si el procedimiento de Ventilado (Motoring the engine) se puede realizar en vuelo.

- El procedimiento de Ventilado (Motoring the engine) no está completo.

- El procedimiento de Rearranque en vuelo (Restart the engine) no indica los pasos a seguir cuando la TOT excede de 270ºC e ubica este paso en sexta posición cuando debería estar en primer lugar.

- El procedimiento de Compensación de combustible (Excess of Fuel in Either Engine Group of Cells) utiliza el término "excede", que es ambiguo y que dio lugar a diferentes interpretaciones a la tripulación.

- Los capítulos aplicables del Manual de Vuelo no incluyen como obligatoria, sino como opcional, la utilización del sistema 2.5 min OEI.

3.2. Causas/Factores contribuyentes

Se considera que la causa probable del accidente del helicóptero EC-LQA fue la incorrecta ejecución de la toma de emergencia tras la realización de una maniobra de aproximación que no mantuvo los valores de velocidad, altura y trayectoria adecuados.

Se consideran posibles factores contribuyentes:

- La falta de cumplimiento con la distribución de funciones para la "operación monopiloto con dos pilotos con procedimientos para un piloto".

- La formación ineficaz de la tripulación en habilidades técnicas (sistemas y procedimientos de operación normales y en emergencia del helicóptero), que produjo que:

  - No se identificara la naturaleza de la emergencia y el estado de funcionamiento de los motores.

  - Se ejecutaran de forma incorrecta, incompleta o no se aplicasen procedimientos durante el vuelo y la emergencia.

  - No se utilizasen las listas de comprobación en ningún momento de la operación.

- La formación ineficaz de la tripulación en habilidades no técnicas (CRM) adaptadas a la "operación monopiloto con dos pilotos con procedimientos para un piloto", que produjo:

  - Una focalización de los dos miembros de la tripulación en la TOT y en la búsqueda del campo.

  - Que se desatendiesen las actividades de vuelo básicas como mantener la velocidad o monitorizar parámetros e indicadores de cabina.

  - Precipitación por aterrizar afectando a la elección del campo.

  - La falta de liderazgo del comandante durante la emergencia.

  - La supervisión e instrucción del segundo piloto sobre el comandante durante la emergencia.

- La infravaloración del riesgo para la seguridad con las decisiones tomadas durante el vuelo, que produjo que:

  - No se valoraran zonas de aterrizaje más seguras para la toma.

  - No se comunicase la emergencia a la brigada ni al CECOPS.

- La ambigüedad en la definición, descripción y desarrollo documental de la operación de LCI por parte de HASA en su Manual de Operaciones de LCI Y SAR.

- La falta de supervisión sobre la realidad de las operaciones de LCI de HASA en relación a la operación teórica diseñada y descrita en su Manual de Operaciones LCI Y SAR.

4. RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD OPERACIONAL

La investigación ha detectado una serie de aspectos a mejorar en los procedimientos del Manual de Vuelo del helicóptero PZL W-3AS, que son objeto de 5 recomendaciones sobre seguridad operacional.

REC 37/18. Se recomienda al fabricante del helicóptero PZL-Swidnik que modifique el Procedimiento de "Descompensación de combustible" (Excess of Fuel in Either Engine Group of Cells, pag 3.32) de la sección 3 de Procedimientos de Emergencia del Manual de Vuelo del helicóptero PZL W-3AS, en el siguiente sentido:

- Sustituya el término "exceda" por otro más concreto que evite la ambigüedad en su interpretación.

REC 38/18. Se recomienda al fabricante del helicóptero PZL-swidnik que modifique el Procedimiento "Rearranque en vuelo" (Restart in Flight, pag 3-5) de la sección 3 de Procedimientos de Emergencia del Manual de Vuelo del helicóptero PZL W-3AS, según se indica a continuación:

- Reubique el paso número 6 "Comprobar que la TOT es inferior a 270ºC" (Check for TOT below 270ºC) de tal forma que esta comprobación se realice de forma previa antes de iniciar el procedimiento.

- Defina qué actuaciones se deben realizar en el caso de que la TOT sea superior a 270ºC.

REC 39/18. Se recomienda al fabricante del helicóptero PZL-Swidnik que revise el valor establecido en 270ºC como valor máximo de la temperatura TOT para el arranque de motores del Manual de Vuelo del helicóptero PZL W-3AS, teniendo en cuenta que la temperatura de autoignición del JET A1 es de 210ºC.

REC 40/18. Se recomienda al fabricante del helicóptero PZL-Swidnik que revise y modifique el procedimiento de "Ventilado" (Motoring the engine, pag 2-12) de la sección 2 de Procedimientos Normales del Manual de Vuelo del helicóptero PZL W-3AS para que se incluyan como parte del procedimiento, tres condiciones necesarias:

- Posición de la palanca del motor (engine power lever) en OFF

- Posición de la válvula de corte de combustible (shutoff valve) en OFF

- Posición del interruptor de ignición en OFF

REC 41/18. Se recomienda al fabricante del helicóptero PZLSwidnik que modifique las secciones 1 a 4 del Manual de Vuelo del helicóptero PZL W-3AS para incluir la utilización, de forma obligatoria, del sistema de generación de potencia máxima 2.5 min OEI en las mismas situaciones para las que se indica en la sección 5A.

La investigación ha puesto de manifiesto que existen deficiencias y ambigüedades en la operación del lucha contra incendios definida por parte de HASA en su documentación. Además, existía una gran distancia entre la operación de lucha contra incendios definida a nivel documental por HASA con respecto a la realidad de las operaciones.

Con objeto de asegurar que se realiza esta revisión a nivel documental de la operación, que esta forma de operar se lleva a cabo realmente en los vuelos y que se ejerce una supervisión efectiva y mantenida en el tiempo para asegurar que no se produce esta distancia entre lo diseñado y lo real, se emiten las siguientes recomendaciones de seguridad.

REC 42/18. Se recomienda al operador HASA (Hispánica de Aviación) que incorpore en sus procedimientos y listas de comprobación las 5 modificaciones emitidas al fabricante (REC 37/18 a REC 41/18).

REC 43/18. Se recomienda al operador HASA (Hispánica de Aviación) que realice una revisión completa de la actividad de lucha contra incendios que tiene definida, descrita y desarrollada en su Manual de Operaciones MOI LCI Y SAR y documentación asociada. Esta revisión deberá estar en concordancia con la "operación monopiloto con dos pilotos con procedimientos para un piloto" para la que está aprobada y deberá contemplar todas las deficiencias detectadas en el análisis de este accidente:

- Definición clara y sin ambigüedades del tipo de operación que realiza para LCI y que ésta sea consistente con la operación aprobada de "operación monopiloto con dos pilotos con procedimientos para un piloto".

- Definición clara y concreta de las funciones asignadas a cada miembro de la tripulación para la "operación monopiloto con dos pilotos con procedimientos para un piloto" para las distintas fases y momentos de la operación LCI.

- Definición e identificación inequívoca de las listas de comprobación aplicables para la operación de LCI asegurándose que reciben el mismo tipo de identificación a lo largo de toda la documentación.

- Revisión de los procedimientos de operación de LCI para que se asegure que es viable su realización en los vuelos.

- Revisión de las listas de comprobación aplicables a la actividad de LCI de HASA para que cumplan con las recomendaciones de elaboración de listas no sólo en formato sino en contenido, asegurando que toda la información necesaria para realizar el procedimiento y la secuencia lógica de ejecución están contenidos.

REC 44/18. Se recomienda al operador HASA (Hispánica de Aviación) que refuerce la formación teórica y práctica a todos sus pilotos de LCI que operan PZL W-3AS SOKOL en los siguientes ámbitos:

- Procedimientos básicos de vuelo del W-3AS SOKOL.

- Procedimientos de emergencia del W-3AS SOKOL.

- Performance del W-3AS SOKOL en operación normal y en emergencia.

- Procedimientos operativos en extinción de incendios.

- Procedimientos operativos de las bases de incendios donde opera HASA.

- El uso de listas de comprobación y de la monitorización como defensas contra los errores en cabinas "monopiloto con dos pilotos con procedimientos para un piloto".

- Gestión de errores y amenazas en la cabina de vuelo adaptada a la "operación monopiloto con dos pilotos".

- Gestión de los recursos en cabina (CRM) adaptada a la operación "monopiloto con dos pilotos".

- Técnicas de cooperación o coordinación o colaboración entre miembros de la tripulación adaptadas a la "operación monopiloto con dos pilotos".

REC 45/18. Se recomienda al operador HASA (Hispánica de Aviación) que, conjuntamente con INFOSA y la Comunidad de Madrid, realice una revisión de

los procedimientos establecidos para el transporte de brigadas y su material de trabajo teniendo en cuenta los aspectos de mejora detectados en el análisis de este accidente:

- Qué material de trabajo de las brigadas se lleva en la cabina de pasaje.

- Qué material personal de los brigadistas se debe utilizar en todas las fases del vuelo para asegurar que se puede adoptar la posición de impacto. Si los cascos y mochilas no se consideran compatibles para mantener la posición de seguridad, deberá valorarse dónde y cómo se transportan en vuelo. Igualmente, si los cascos de protección y las gafas no se utilizan, deberá eliminarse de los procedimientos aplicables a LCI.

- Qué métodos de anclaje se utilizan para amarrar el material de trabajo y cualquier otro material personal teniendo en cuenta la experiencia de este accidente.

- Se deberá establecer los mismos criterios a lo largo de la documentación respecto a la puerta a usar durante el embarque y desembarque.

REC 46/18. Se recomienda al operador HASA (Hispánica de Aviación) que, conjuntamente con INFOSA y la Comunidad de Madrid, refuerce la formación que reciben las brigadas sobre los procedimientos y medidas de seguridad que deben utilizar y aplicar durante el vuelo en helicóptero en actividades de LCI.

REC 47/18. Se recomienda al operador HASA (Hispánica de Aviación) que establezca, para su actividad de LCI, mecanismos de supervisión eficaces, periódicos y mantenidos en el tiempo, con el objetivo de:

- Asegurar que la operación real de los vuelos de LCI se realiza de acuerdo al diseño de la operación.

- Detectar divergencias entre la realidad de los vuelos con respecto a la operación según está diseñada.

REC 48/18. Se recomienda a la Dirección General de Emergencias de la Comunidad de Madrid, como responsable del servicio, que establezca mecanismos de supervisión periódicos sobre el servicio de prevención de incendios que tiene contratado teniendo en cuenta las conclusiones y el análisis de esta investigación.

REC 49/18. Se recomienda a Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA) que

refuerce su función supervisora sobre HASA para asegurar que las modificaciones propuestas en esta investigación son implementadas por el operador, asegurando que tanto el diseño de la operación de LCI como la realidad de la misma son coincidentes y acordes a la "operación monopiloto con dos pilotos" para la que está aprobada.