



Informe de Seguridad Operacional

SUCESO: Accidente

TÍTULO: Relacionado con el combustible. Luscombe 8-A, matrícula LV-NRF,
General Rodríguez, provincia de Buenos Aires

FECHA Y HORA DEL SUCESO: 5 de agosto de 2023 a las 20:10 horas (UTC)

EXPEDIENTE: EX-2023-90996017- -APN-DNISAE#JST

DIRECCIÓN NACIONAL DE INVESTIGACIÓN DE SUCESOS AERONÁUTICOS

Junta de Seguridad en el Transporte

Av. del Libertador 405, 1º piso. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

info@jst.gob.ar

Publicado por la JST. En caso de utilizar este material de forma total o parcial se sugiere citar según el siguiente formato: Aviación. Accidente. LV-NRF. General Rodríguez, provincia de Buenos Aires. Fuente: Junta de Seguridad en el Transporte.

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

ÍNDICE

SOBRE LA JST.....	5
SOBRE EL MODELO SISTÉMICO DE INVESTIGACIÓN.....	6
LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS.....	8
SINOPSIS.....	9
1. INFORMACIÓN SOBRE LOS HECHOS.....	10
1.1 Reseña del vuelo.....	10
1.2 Lesiones a personas.....	10
1.3 Daños en la aeronave.....	10
1.4 Otros daños.....	14
1.5 Información sobre el personal.....	14
1.6 Información sobre la aeronave.....	16
1.7 Información meteorológica.....	17
1.8 Ayudas a la navegación.....	20
1.9 Comunicaciones.....	20
1.10 Información sobre el lugar del suceso.....	21
1.11 Registradores de vuelo.....	21
1.12 Información sobre los restos de la aeronave y el impacto.....	21
1.13 Información médica y patológica.....	22
1.14 Incendio.....	22

1.15	Supervivencia.....	22
1.16	Ensayos e investigaciones.....	23
1.17	Información orgánica y de dirección.....	32
1.18	Información adicional	32
1.19	Técnicas de investigaciones útiles o eficaces	37
2.	ANÁLISIS.....	39
2.1	Introducción	39
2.2	Aspectos técnicos-operativos.....	39
2.3	Aspectos institucionales	41
3.	CONCLUSIONES	43
3.1	Conclusiones referidas a factores relacionados con el accidente	43
3.2	Conclusiones referidas a otros factores de riesgo de seguridad operacional identificados por la investigación.....	43
4.	RECOMENDACIONES SOBRE SEGURIDAD OPERACIONAL	44
4.1	A la Administración Nacional de Aviación Civil	44

SOBRE LA JST

En 2019, mediante la [Ley N.º 27.514](#), se declaró de interés público y objetivo de la República Argentina la Política de Seguridad en el Transporte. En el marco de esta normativa, se creó la Junta de Seguridad en el Transporte (JST) como un organismo descentralizado, dotado de autarquía económico-financiera, personalidad jurídica propia y capacidad para actuar tanto en el ámbito del derecho público como privado. Inicialmente bajo la órbita del entonces Ministerio de Transporte, la JST depende actualmente de la Secretaría de Transporte, que forma parte del Ministerio de Economía.

La misión de la JST es mejorar la seguridad operacional mediante la investigación de accidentes e incidentes, y la emisión de recomendaciones que promuevan acciones eficaces. Este objetivo se desarrolla a través del análisis sistémico de los factores desencadenantes, las fallas en las defensas y los factores humanos y organizacionales asociados al suceso, con el fin de prevenir futuros eventos de transporte o mitigar sus consecuencias.

En concordancia con la [Ley N.º 27.514](#), las investigaciones realizadas por la JST tienen un carácter estrictamente técnico. Sus conclusiones no deben interpretarse como indicio o presunción de culpa, ni como determinantes de responsabilidad administrativa, civil o penal.

SOBRE EL MODELO SISTÉMICO DE INVESTIGACIÓN

La JST adoptó el modelo sistémico para el análisis de los accidentes e incidentes de transporte modales, multimodales y de infraestructura conexa. El modelo ha sido ampliamente adoptado, como así también validado y difundido por organismos líderes en la investigación de accidentes e incidentes a nivel internacional. Sus premisas centrales son las siguientes:

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

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

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

LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS¹

COSSPAS: *Cosmicheskaya Poiska Avariynyh Sudov* (Sistema Espacial para la Búsqueda de Buques en Peligro)

DURG: Durante la Última Recorrida General

ELT: Transmisor de Localización de Emergencia

FDR: *Flight Data Recorder* (Grabadora de Datos de Vuelo)

GPS: *Global Positioning System* (Sistema Global de Posicionamiento)

JST: Junta de Seguridad en el Transporte

LEM: Laboratorio de Ensayos de Materiales

NTSB: *National Transportation Safety Board*

RPM: Revoluciones por Minuto

SARSAT: *Search And Rescue Satellite-Aided Tracking* (Rastreo Asistido por Satélite de Búsqueda y Rescate)

SMN: Servicio Meteorológico Nacional

TG: Total General

TSBC: *Transport Safety Board of Canada*

UTC: Tiempo Universal Coordinado

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

SINOPSIS

Este informe detalla los hechos y circunstancias en torno al accidente de la aeronave LV-NRF, un Luscombe 8-A, en General Rodríguez, provincia de Buenos Aires, el 5 de agosto del 2023 a las 20:10 horas², durante un vuelo de aviación general.

El informe presenta cuestiones de seguridad operacional relacionadas con el desarrollo del fenómeno de formación de hielo en el carburador en el Manual de Piloto Privado de Avión de la Administración Nacional de Aviación Civil (ANAC).

El informe incluye una Recomendación de Seguridad Operacional dirigida a la ANAC.



Figura 1. Aeronave LV-NRF. Fuente: investigación JST

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

1. INFORMACIÓN SOBRE LOS HECHOS

1.1 Reseña del vuelo

El 5 de agosto de 2023, la aeronave con matrícula LV-NRF, un Luscombe 8-A, despegó del aeródromo de General Rodríguez (provincia de Buenos Aires) a las 20:00 horas para realizar un vuelo local recreativo.

La aeronave permaneció en marcha durante aproximadamente 10 minutos antes del despegue, período en el cual el piloto efectuó el chequeo previo y rodó hacia la cabecera de pista. Durante la fase de ascenso inicial, se produjo una pérdida repentina de potencia, por lo que el piloto decidió efectuar un aterrizaje de emergencia en un campo próximo al aeródromo.

1.2 Lesiones a personas

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

Tabla 1

1.3 Daños en la aeronave

1.3.1 Célula

Daños de importancia.

En la figura 2 se observa el colapso de la cabina, daños significativos en el carenado del motor, en la zona ventral de la aeronave y en los montantes de las alas. Asimismo, se aprecia el desprendimiento casi total del tren de aterrizaje principal derecho, entre otros daños estructurales



Figura 2. Daños en la célula de la aeronave. Fuente: investigación JST

En la Figura 3 se muestran los daños localizados en el montante y el semiplano izquierdo de la aeronave.



Figura 3. Daños en la célula de la aeronave. Fuente: investigación JST

En la Figura 4 se exponen los daños registrados en el estabilizador vertical y su superficie de control.



Figura 4. Daños en la célula de la aeronave. Fuente: investigación JST

1.3.2 Motor

En el lugar del suceso se relevaron daños externos en el motor. En particular, se observaron deformaciones en las aletas de ventilación de uno de los cilindros, daños en el tubo de escape y en el cárter.



Figura 5. Daños en el motor de la aeronave. Fuente: investigación JST



Figura 6. Daños en el motor de la aeronave. Fuente: investigación JST

1.3.3 Hélice

Destruída.



Figura 7. Daños en la hélice de la aeronave. Fuente: investigación JST

1.4 Otros daños

No hubo.

1.5 Información sobre el personal

La certificación del piloto cumplía con la reglamentación vigente.

Piloto	
Sexo	Masculino
Edad	47
Nacionalidad	Argentina
Licencias	Piloto Comercial de Avión
Habilitaciones	MONT-T ³ ; Vuelo por instrumentos; Vuelo Nocturno
Certificación médica aeronáutica	Clase 1 Válida hasta el 30/09/2023

Tabla 2

³ Monomotor terrestre.

Su experiencia era la siguiente:

Horas de vuelo	General	En el tipo
Total general	790,7	Sin datos
Últimos 90 días	3,0	3,0
Últimas 24 horas	0,2	0,2
En el día del suceso	0,2	0,2

Tabla 3

La certificación del copiloto⁴ cumplía con la reglamentación vigente.

Copiloto	
Sexo	Masculino
Edad	48
Nacionalidad	Argentina
Licencias	Piloto Privado de Avión
Habilitaciones	MONT-T
Certificación médica aeronáutica	Clase 2 Válida hasta el 31/08/2025

Tabla 4

Su experiencia era la siguiente:

Horas de vuelo	General	En el tipo
Total general	80,5	Sin datos
Últimos 90 días	3,1	0,0
Últimas 24 horas	0,0	0,0
En el día del suceso	0,0	0,0

Tabla 5

⁴ Si bien, por las características de la aeronave no corresponde la figura de copiloto, durante las entrevistas se corroboró que la gestión del vuelo y la toma de decisiones durante el suceso fueron realizadas de manera conjunta por las dos personas a bordo.

1.6 Información sobre la aeronave

La aeronave estaba certificada de conformidad con la reglamentación vigente y mantenida de acuerdo con el plan de mantenimiento del fabricante.

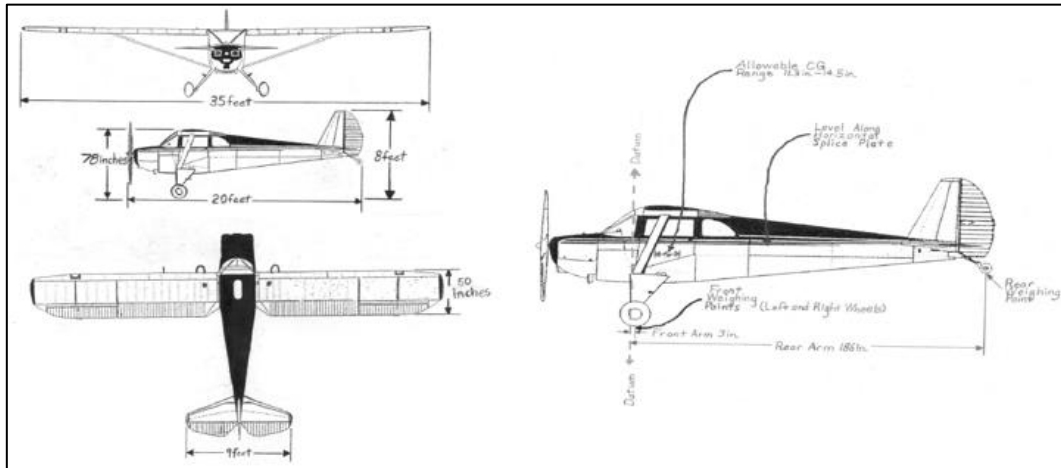


Figura 8. Perfil de la aeronave. Fuente: investigación JST

Aeronave		
Marca	Luscombe	
Modelo	8-A	
Categoría	Normal	
Fabricante	Luscombe	
Año de fabricación	1947	
Número de serie	4241	
Peso máximo de despegue	544 kg	
Peso vacío	360 kg	
Horas totales	6.004,2	
Horas desde la última inspección	3,0	
Certificado de matrícula	Propietario	Privado
	Fecha de expedición	13/09/2012
Certificado de aeronavegabilidad	Clasificación	Estándar
	Categoría	Normal
	Fecha de emisión	09/08/2013
	Fecha de vencimiento	No aplica

Tabla 6

Motor	
Marca	Continental
Modelo	A 65
Fabricante	Continental
Número de serie	50749-6-8
Horas totales	6.746,2
Horas desde la última recorrida general	18,7
Horas desde la última intervención	5
Habilitación	Hasta el 10/2023

Tabla 7

Hélice	
Marca	Clerici
Modelo	HCF-1AB-3
Fabricante	Clerici
Número de serie	1889
Horas totales	507,9
Horas desde la última recorrida general	7,9
Horas desde la última intervención	7,9
Habilitación	Hasta el 04/2026

Tabla 8

1.7 Información meteorológica

Las condiciones meteorológicas extrapoladas para el lugar y la hora del suceso, según datos provistos por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), fueron las siguientes:

Información meteorológica	
Viento	070°/05 nudos
Visibilidad	10 kilómetros
Fenómenos significativos	Ninguno
Nubosidad	5/8 altocúmulos 3.000 metros
Temperatura	15,8 °C
Temperatura punto de rocío	6,0 °C
Presión a nivel medio del mar	1.014,9 hPa
Humedad relativa	53 %

Tabla 9

En función de los parámetros suministrados por el SMN, la investigación evaluó la posibilidad de formación de hielo en el carburador. Para ello, se utilizó el ábaco elaborado por la Agencia Australiana de Investigación de Accidentes de Aviación Civil que mostró una probabilidad seria de formación de hielo para potencias de descenso y una probabilidad moderada para potencias de crucero.

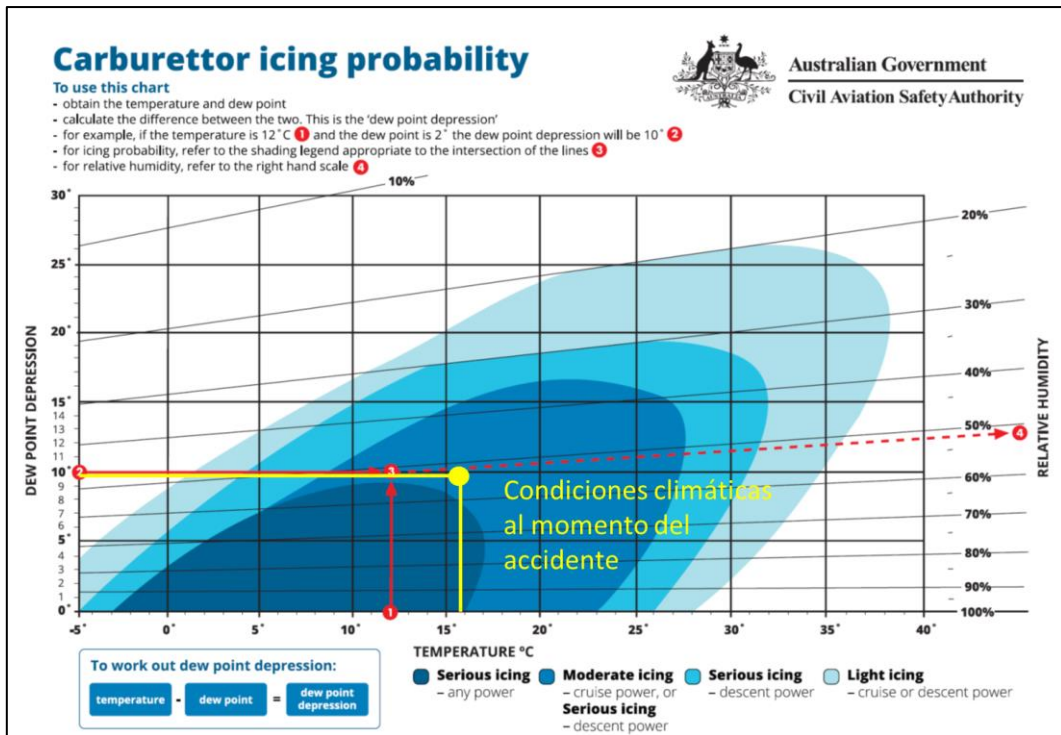


Figura 9. Ábaco de probabilidad de formación de hielo. Fuente: investigación JST

El hielo en el carburador ocurre por dos fenómenos propios de su funcionamiento: la vaporización del combustible y la disminución de presión que se genera en el aire al pasar por el tubo Venturi y la mariposa. Ambos fenómenos provocan una disminución de la temperatura -que puede ubicarse por debajo del punto de rocío- lo que produce que el vapor de agua se condense y que, si la temperatura baja por debajo del punto de congelación, se forme hielo.

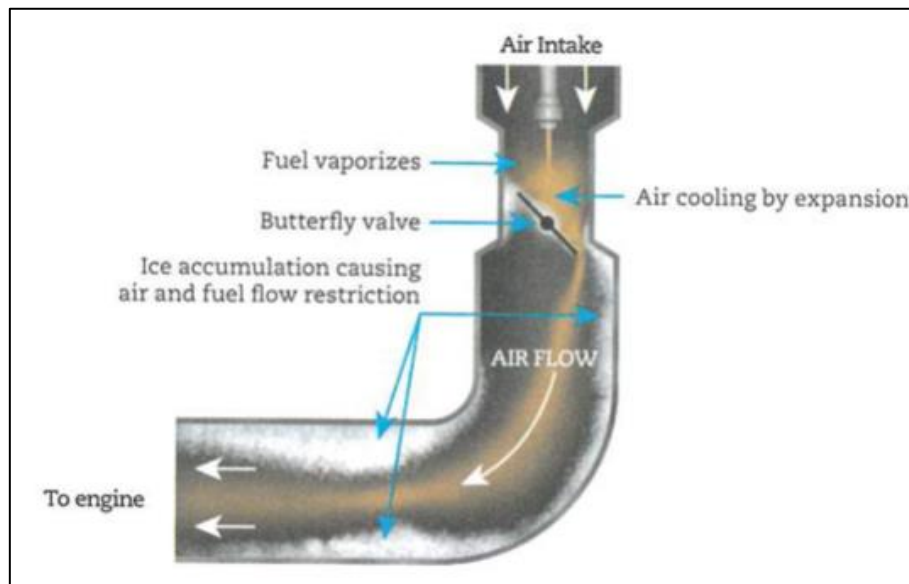


Figura 10. Formación de hielo. Fuente: *Transport Safety Board of Canada* (informe A21Q0092)

Este hielo genera una reducción de potencia, vibraciones y un funcionamiento irregular del motor al punto de poder provocar su detención. En aeronaves con hélices de paso fijo, la primera indicación suele ser una pequeña disminución en las revoluciones por minuto (RPM) del motor.

La probabilidad de formación de hielo depende de la temperatura del aire, de la humedad relativa, de la potencia y del tipo de combustible utilizado.

Para evitar este fenómeno, las aeronaves con hélices de paso fijo cuentan con la capacidad de habilitar el paso de aire -previamente calentado por el múltiple de escape- a la admisión del motor donde se mezcla con el flujo principal. Este flujo de aire resultante es más caliente y por lo tanto de menor densidad que el anterior, lo que provoca una ligera pérdida de potencia que se verá reflejada en una merma de las RPM del motor.

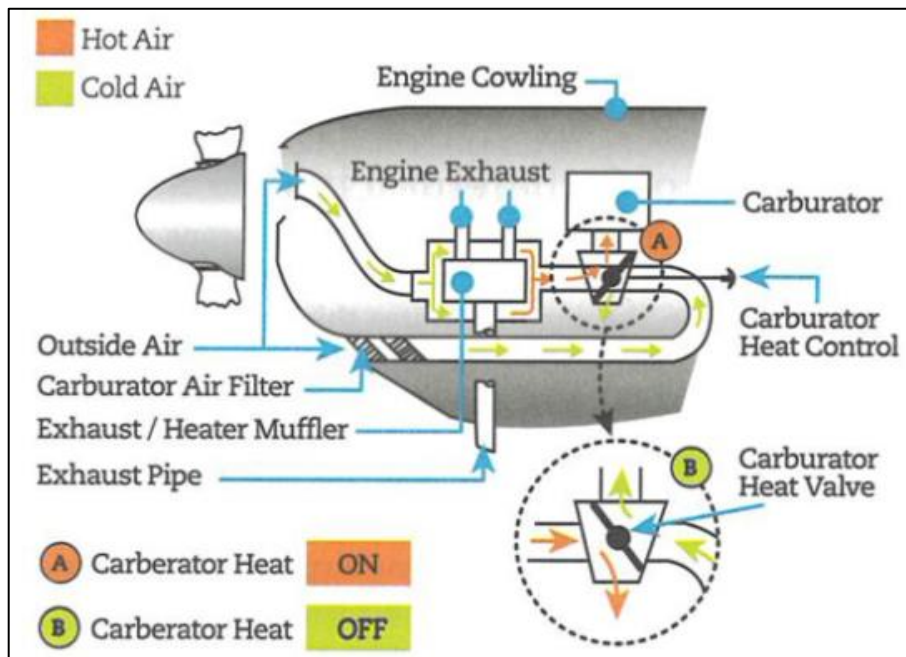


Figura 11. Esquema sistema de aire caliente. Fuente: *Transport Safety Board of Canada* (Informe A21Q0092)

La formación de hielo es más probable en configuraciones de baja potencia, especialmente en el descenso o durante períodos de vuelo lento. La solución recomendada para estos escenarios es aumentar la potencia ocasionalmente junto con la utilización de aire caliente con el fin de derretir el hielo.

1.8 Ayudas a la navegación

No relevante.

1.9 Comunicaciones

No aplica.

1.10 Información sobre el lugar del suceso

Lugar del suceso	
Ubicación	Aeródromo de General Rodríguez
Coordenadas	34°40'49" S / 059°02'09" O
Superficie	Tierra
Dimensiones	1.540 metros X 30 metros
Orientación magnética	17/35
Elevación	26 metros
Normas generales	VFR ⁵ / No controlado

Tabla 13

1.11 Registradores de vuelo

No aplica.

1.12 Información sobre los restos de la aeronave y el impacto

La aeronave despegó desde la pista 35 del aeródromo. El primer impacto se produjo contra una arboleda ubicada aproximadamente a 975 metros del umbral opuesto. A partir de allí, la aeronave continuó en trayectoria descendente, registrando impactos menores con el follaje. Posteriormente, la rueda derecha del tren principal impactó contra un pequeño talud, lo que provocó el capotaje de la aeronave. El desplazamiento finalizó a aproximadamente 1.020 metros desde la cabecera de pista 17, con una orientación estimada de 20° a la derecha del eje de pista.

⁵ Reglas de Vuelo Visual.



Figura 12. Trayectoria de la aeronave y posición final. Fuente: investigación JST

El suceso fue notificado en tiempo y forma. Personal policial mantuvo a resguardo la aeronave hasta la llegada del equipo de investigación de la JST al día siguiente.

1.13 Información médica y patológica

No se detectó evidencia médico-patológica de los pilotos relacionada con el accidente.

1.14 Incendio

No hubo.

1.15 Supervivencia

Las actividades de búsqueda y salvamento se iniciaron minutos después del accidente, por parte de un grupo de personas que se encontraban en el aeródromo observando el despegue y se dirigieron al lugar del impacto para asistir a la tripulación. Estas personas cerraron la llave de paso de combustible, cortaron el encendido y retiraron la batería como medidas preventivas.

Durante la investigación de campo, un testigo presencial manifestó haber percibido un sonido anómalo en el funcionamiento del motor durante el despegue. Sin embargo, esta apreciación no pudo ser corroborada mediante las entrevistas realizadas a la tripulación ni con el ensayo efectuado posteriormente al motor.

En relación con el Transmisor Localizador de Emergencia (*Emergency Locator Transmitter*, ELT), el *switch* se encontraba en la posición ARM – OFF⁶. Al realizar la consulta al COSSPAS–SARSAT, confirmaron que no se detectó la activación del ELT en su sistema. Por otro lado, si bien la aeronave no se encontraba registrada con ese ELT en la base de datos de la ANAC, los propietarios manifestaron que estaban finalizando los trámites para la puesta en servicio del sistema y su correspondiente inscripción.

1.16 Ensayos e investigaciones

Ensayo de combustible

Al inspeccionar la cabina, se encontró la llave de combustible en posición cerrada y el aire caliente al carburador cerrado. Debido a la disposición final de la aeronave, no fue posible extraer una muestra de combustible mediante los mecanismos de drenaje ubicados en las alas. En su lugar, se procedió al corte de uno de los caños de aluminio que alimentan combustible al motor.

El análisis de combustible fue realizado por el Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM) de la Fuerza Aérea Argentina, con los siguientes resultados:

- Aspecto: líquido homogéneo
- Densidad 0700 gr/cc a 15°C

⁶ La posición corresponde al equipo listo para funcionar en caso de emergencia, pero se encuentra emitiendo señal.

- Color: celeste
- Olor: característico
- Material insoluble: contenido de sólidos
- Peso del material retenido: 4mg/200 ml de combustible
- Tipo de material retenido: mayor cantidad de sílice, menor de cantidad de fibras
- Trazas: aluminio y material magnético

Si bien el combustible presentaba un aspecto homogéneo, densidad adecuada y ausencia de agua, contenía material insoluble. El espectro de absorción infrarroja por FTIR coincidió con el del AV-GAS 100LL. La muestra analizada resultó no apta según los ensayos fisicoquímicos, por contenido de sólidos, según norma DEF STAN 91-090.

Ensayo del motor

El motor fue almacenado durante un período prolongado antes de los ensayos, con el cárter orientado hacia arriba (posición similar a la ilustrada en la Figura 11), lo que podría haber permitido el escurrimiento de aceite hacia los cilindros y su drenaje a través de los retenes del cigüeñal. Esta posición también pudo facilitar el ingreso de contaminantes desde el escape al interior de los cilindros.

Se solicitó al Centro Universitario de Aviación la realización de ensayos sobre el motor, que fueron supervisados por el equipo de investigadores de la JST con el objetivo de determinar posibles fallas que pudieran explicar la pérdida repentina de potencia.

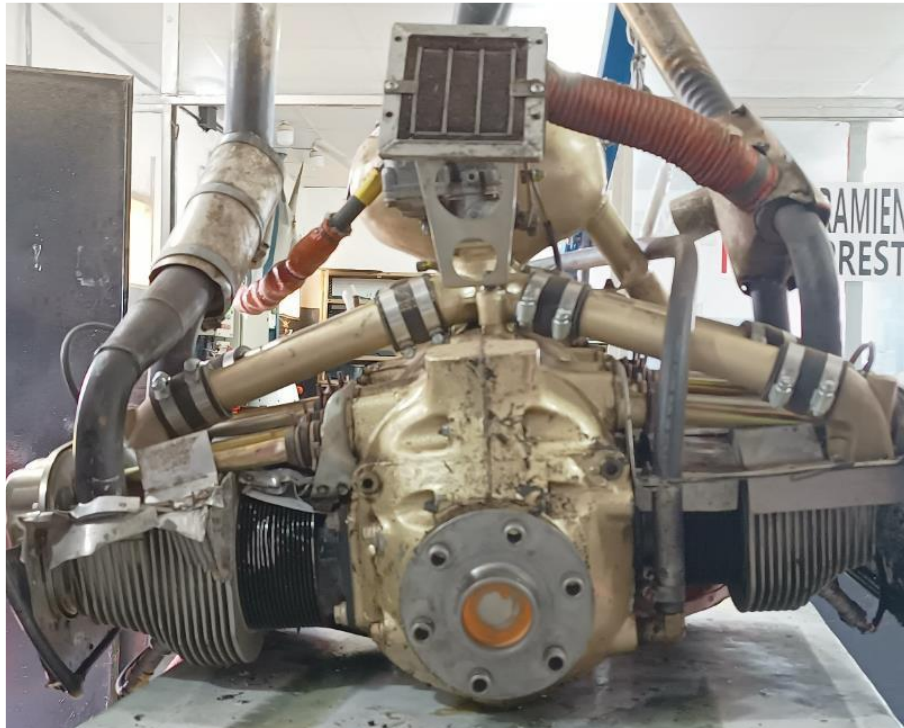


Figura 13. Motor previo a la realización de las pruebas. Fuente: investigación JST

El ensayo del motor se dividió en cinco partes: sistema de alimentación, sistema de encendido, sistema de escape, cilindros y aceite motor.

Se inició con la inspección del filtro de aire, donde se halló acumulación leve de tierra, atribuible al impacto contra el terreno.

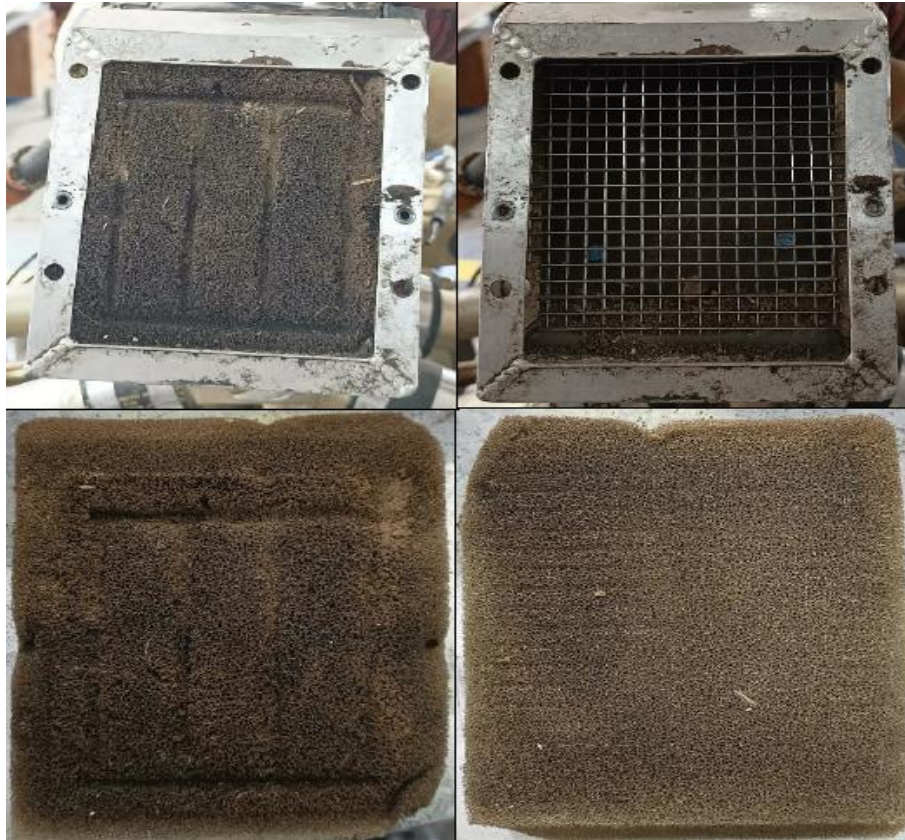


Figura 14. Filtro de aire. Fuente: investigación JST

Se verificó luego la fijación del carburador al múltiple de admisión, así como el funcionamiento de los mecanismos de aceleración y mezcla de aire caliente, sin hallarse anomalías. Posteriormente, se removió el carburador para inspeccionar su interior y el estado de sus componentes, los cuales se encontraron en condiciones normales, sin obstrucciones ni daños visibles.

La inspección del sistema de encendido comenzó con la remoción de las bujías, que cumplían con las especificaciones del fabricante. Al retirar la bujía superior del cilindro n°3, se observaron restos de aceite con brillo metálico. Asimismo, la bujía superior del cilindro n°1 presentaba una goma de color naranja fijada con una abrazadera. El resto de las bujías presentaban trazas de aceite en menor medida.



Figura 15. Detalle del interior del cilindro 3, bujía superior 3 contaminada, bujía superior 1 con goma y abrazadera. Fuente: investigación JST

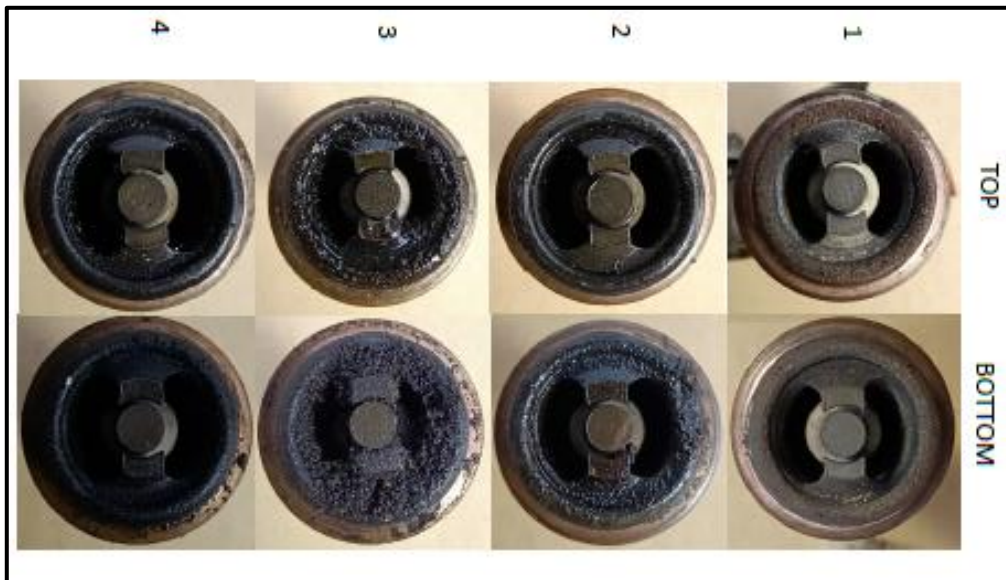


Figura 16. Detalle de las bujías al momento de la extracción. Fuente: investigación JST

Luego, se realizaron pruebas funcionales sin limpieza previa, cuyos resultados se documentan en la siguiente figura:

Prueba funcional de bujías		Cilindro			
		1	2	3	4
Bujía	Top	NO OK	OK	NO OK	OK
	Bottom	OK	OK	OK	OK

Figura 17. Detalle de funcionamiento de bujías. Fuente: investigación JST

Por último, el funcionamiento de los magnetos fue verificado sin que se detectaran fallas.

En los cilindros se halló una gran cantidad de contaminante con brillo metálico, lo que motivó el desarme del cilindro N.º 3. Se retiró la tapa de válvulas y se expuso el pistón, donde se corroboró la presencia de dichos contaminantes y se observaron marcas en la pared lateral del cilindro.



Figura 18. Estado del pistón del cilindro 3. Fuente: investigación JST

Se comprobó el normal desplazamiento de varillas y balancines. En el cilindro nº1 se halló suciedad y sedimentos en el orificio de escape, pero, dada la similitud con lo observado en el cilindro nº3, no se consideró necesario su desarme completo.



Figura 19. Estado del pistón del cilindro 3. Fuente: investigación JST



Figura 20. Estado del pistón del cilindro 1. Fuente: investigación JST

Además, se realizó una boroscopia en las ocho válvulas correspondientes a los cuatro cilindros, sin detectarse evidencias de contaminación macroscópica.



Figura 21. Estado de válvulas del motor. Fuente: investigación JST

También se inspeccionó el sistema de escape, con especial atención en el múltiple que vincula los cilindros nº1 y nº3, y no se evidenció presencia significativa de contaminantes ni acumulación de sedimentos.

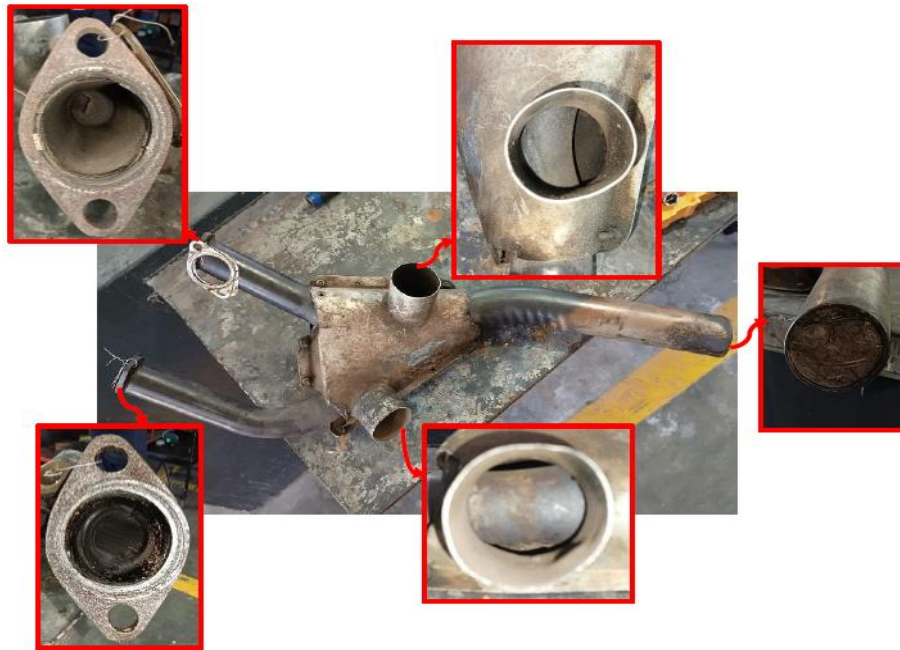


Figura 22. Múltiple de escape. Fuente: investigación JST

Con el objetivo de conocer el estado general del sistema de lubricación, se realizaron tres tomas de muestra de aceite en distintos sectores del motor. El análisis, efectuado por el LEM, se realizó sobre las siguientes muestras:

- Muestra cilindro n°3: se corresponde al aceite y material contaminante
- Muestra de goteo: se corresponde al aceite que filtró por el retén del cigüeñal
- Filtro de aceite: se corresponde con los restos de contaminante

ENSAYOS	VALORES OBTENIDOS		METODO UTILIZADO	
	Muestra Cil. 3	Muestra Goteo		
Viscosidad Cinemática a 100°C	16,5 cSt	19,6 cSt	ASTM D-445	
Viscosidad Cinemática a 40°C	160,5 cSt	176,3 cSt	ASTM D-445	
Índice de viscosidad	106,6	118,3	ASTM D-2270-10	
Punto de inflamación	210°	251°	ASTM D-92	
Aspecto	Líquido, semiviscoso homogéneo	Líquido, semiviscoso homogéneo	Obs. Visual	
Color	Oscuro, no traslúcido	Oscuro, no traslúcido	Obs. Visual	
Determinación por FT-IR	Concuerda con curva característica lubricante SAE 50, tipo Norma SAE-J-1899	Concuerda con curva característica lubricante SAE 50, tipo norma SAE-J-1899	Espectrómetro IR por transformada de Fourier	
Análisis espectrométrico (PPM)	Hierro	110	64	Espectrómetro de Emisión de Plasma ICP-AES. ASTM D-5185
	Cobre	10	7	
	Cromo	19	19	
	Magnesio	1	1	
	Silicio	7	7	
	Titanio	-	-	
	Molibdeno	-	-	
	Níquel	1	1	
	Aluminio	18	15	
	Plata	-	-	
	Boro	1	1	
Zinc	8	6		
Estaño	-	-		
Conclusión	Ensayos físico-químicos	No Aptos por bajo valor en determinación de punto de inflamación	Aptos	

Figura 23. Resultados de laboratorio. Fuente: informe elaborado por el LEM

Respecto al análisis del material sólido los resultados fueron:

Ensayos	Valores Obtenidos		Método utilizado
	FILTRO DE ACEITE	CILINDRO 3	
Peso Material Retenido	94,0 mg	>100 g	
Tipo Material Retenido	Mayor cantidad: Sílice	Los restos hallados concuerdan con características de composición a tierra común.	ASTM D-6217
	Menor cantidad: Fibras y Carbón		
	Trazas: cobre, aluminio, material ferromagnético		

Figura 24. Resultados de laboratorio. Fuente: informe elaborado por el LEM

1.17 Información orgánica y de dirección

La aeronave era propiedad de un particular, quien la hangaraba en el aeródromo de General Rodríguez (provincia de Buenos Aires).

La Administración Nacional de Aviación Civil (ANAC) es la autoridad aeronáutica de la República Argentina, responsable de normar, regular y fiscalizar la aviación civil en todo el territorio nacional. Este organismo es el único facultado para otorgar, aprobar y supervisar los certificados, habilitaciones y autorizaciones que permiten a personas físicas y jurídicas operar legalmente dentro del sistema aeronáutico argentino.

1.18 Información adicional

Materiales para la instrucción del Piloto Privado de Aviación

La ANAC ha desarrollado materiales didácticos destinados a la instrucción de aspirantes a la licencia de piloto privado de avión, en los que se abordan, entre otros temas, los riesgos operacionales asociados a la formación de hielo en el sistema de inducción de aire del motor.

El Manual del Piloto Privado de Aviación, elaborado por dicha autoridad, destaca que:

[...] En el caso de que el hielo se acumule sobre las fuentes de inducción de aire del motor, se debe seleccionar el calor del carburador (motores carburados) o el aire alternativo (motores con inyección de combustible). La acumulación de hielo en las fuentes de inducción normales puede detectarse por una pérdida de Revoluciones Por Minuto (RPM) del motor con hélices de paso fijo y una pérdida de presión del distribuidor con hélices de velocidad constante. En algunos motores de inyección de combustible, una fuente de aire alternativa se activa automáticamente con el bloqueo de la fuente de aire normal [...]"

De manera complementaria, el documento "Teoría y Análisis de Respuestas", también elaborado por la ANAC, refuerza los conceptos teóricos aplicables a los exámenes de piloto privado y profundiza en los fundamentos físicos del fenómeno:

"[...] A medida que el aire fluye a través de un carburador, este se expande rápidamente. Al mismo tiempo, el combustible forzado hacia la corriente de aire se vaporiza. La expansión del aire y la vaporización del combustible causa un enfriamiento repentino de la mezcla, lo que causa la formación de hielo dentro del carburador. La posibilidad de formación de hielo debería ser siempre considerada cuando se opera en condiciones en las que la temperatura se encuentra entre -7° y 21° (20° F y 70° F) y humedad relativa alta. El aire caliente al carburador precalienta el aire antes de que entre al carburador y puede prevenir que se forme hielo en el carburador o derretir el hielo que se pudo haber formado".

Además, expresa que:

"[...] la aplicación de calor del carburador disminuirá la densidad del aire, lo que causa que las RPM bajen aún más. Luego, a medida que el hielo en el carburador se derrite, las RPM aumentaran en forma gradual. Los sistemas de inyección de combustible no utilizan un carburador y se considera comúnmente que son menos susceptibles a la formación de hielo que los sistemas de carburador."

Antecedentes sobre formación de hielo

En 2016, la *European General Aviation Safety Team* publicó el documento informativo “Formación de hielo en motores de pistón”, destinado principalmente a pilotos de aviación general. Este documento proporciona información sobre los riesgos, causas y prevención de la formación de hielo en los motores de aeronaves de aviación general con motores de pistón. En relación con la formación de hielo durante la etapa previa al despegue, indica:

“[...] Dado que el engelamiento puede producirse cuando se realiza el rodaje a bajos ajustes de potencia, o cuando el motor está al ralentí, seleccione el aire del carburador en ON durante un mínimo de 15 segundos, y después, seleccione OFF inmediatamente antes del despegue para limpiar cualquier acumulación de hielo. Si la aeronave se mantiene en el punto de espera en condiciones de alta humedad, puede que sea necesario llevar a cabo los pasos anteriores más de una vez para limpiar el hielo que pueda haberse formado”.

Por su parte, la *Civil Aviation Authority of New Zealand* publicó el *Aircraft Icing Handbook* (2010), una guía que aborda la problemática de la formación de hielo, sus efectos adversos y medidas de mitigación asociadas. Entre las recomendaciones que brinda, se destacan las siguientes:

“[...] La posición HOT debe seleccionarse con suficiente antelación para prevenir la formación de hielo, ya que, si se activa demasiado tarde, el uso de aire caliente podría no ser suficiente para derretir el hielo antes de que el motor se detenga”

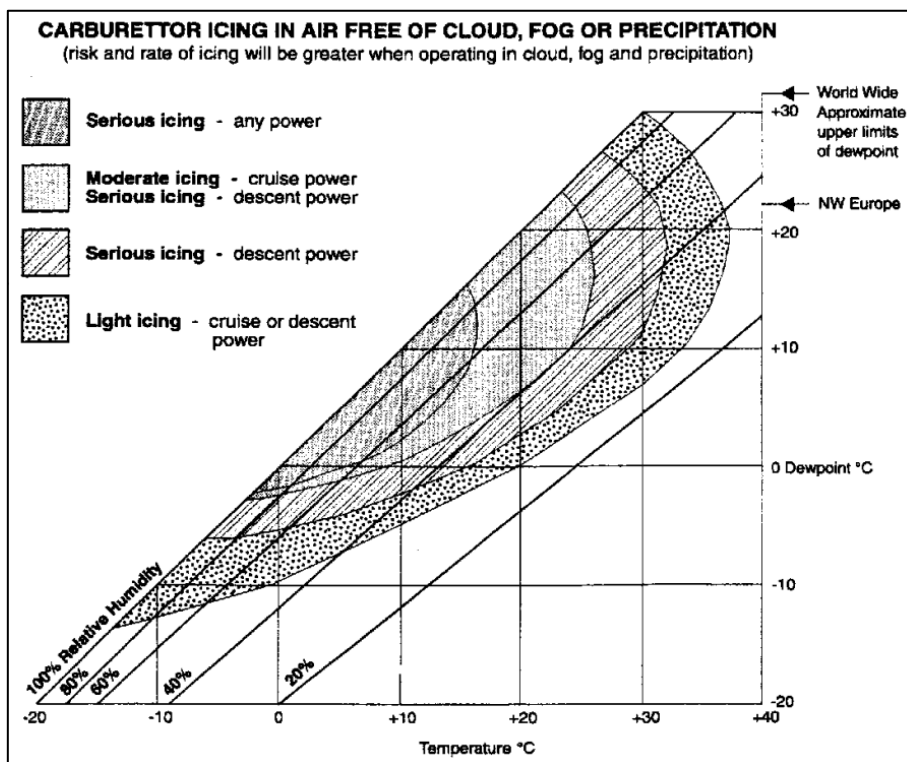


Figura 25. Ábaco de formación de hielo. Fuente: *Civil Aviation Authority of New Zealand (Aircraft Icing Handbook)*

“[...] Excepto durante el despegue, la posición HOT debe seleccionarse periódicamente cuando se sospechen condiciones propicias para la formación de hielo o al volar en condiciones de alta humedad con la temperatura del aire exterior dentro de los rangos de alta probabilidad indicados en la tabla”

“[...] 2.5.5 *Inmediatamente antes del despegue*

La formación de hielo en el sistema de admisión puede ocurrir durante el rodaje a baja potencia o cuando el motor está en ralentí. Si las condiciones meteorológicas parecen propicias para la formación de hielo en el sistema de admisión, entonces debe seleccionarse la posición HOT antes del despegue durante el tiempo suficiente para eliminar cualquier acumulación que pueda haberse producido. Si la aeronave se mantiene en el punto de espera bajo condiciones de alta humedad, puede ser necesario hacer funcionar el motor a la potencia de despegue

más de una vez para eliminar cualquier hielo que se haya formado. El despegue no debe iniciarse si el piloto tiene alguna sospecha de que hay formación de hielo en el carburador.”

Por su parte, en 2015 la *National Transportation Safety Board* (NTSB) publicó el Boletín de Seguridad SA-029. Allí se indica que, según los datos registrados entre los años 2000 y 2011, el hielo en el carburador fue causa o factor contribuyente en aproximadamente 250 accidentes. Es decir, en promedio, dos accidentes fatales por año estuvieron relacionados con la presencia de hielo en el carburador. Además, el boletín señala algunas prácticas comunes entre los pilotos:

“[...] La evidencia de los accidentes muestra que algunos pilotos:

- No reconocen las condiciones meteorológicas favorables para la formación de hielo en el carburador y creen erróneamente que la formación de hielo en el carburador solo ocurre en clima frío o húmedo.
- No han utilizado el sistema de calor del carburador conforme a los procedimientos aprobados de la aeronave para prevenir la formación de hielo en el carburador.”

Por otra parte, propone acciones preventivas para evitar el fenómeno:

“[...] ¿Qué pueden hacer los pilotos?

- Verificar la temperatura y el punto de rocío antes del vuelo, a fin de determinar si las condiciones son favorables para la formación de hielo en el carburador. Recuerde que la formación de hielo en el carburador puede ocurrir a temperaturas ambiente de hasta 90 °F (aproximadamente 32 °C) o con humedad relativa baja como del 35 % cuando el motor está en potencia de ralentí.
- Usar el calor del carburador para prevenir la formación de hielo cuando se opere en condiciones y ajustes de potencia en los que la formación de hielo sea probable. Recuerde que el tiempo de

ralentí en tierra o rodaje puede permitir que se acumule hielo en el carburador antes del despegue.”

Por último, durante el período 2013-2022, la JST investigó 64 sucesos relacionados con el combustible, de los cuales 11 estuvieron vinculados con la formación de hielo en el carburador. A partir de este registro, la JST elaboró diversos productos de seguridad operacional, entre ellos, el Boletín de Seguridad Operacional “Sucesos relacionados con el combustible (fuel). Parte 3: Formación de hielo en el sistema de admisión”, que aborda las causas y efectos asociados a este fenómeno.

Además de recomendar buenas prácticas, el boletín presenta datos estadísticos sobre la cantidad de sucesos clasificados según su nivel de severidad, representados en el siguiente gráfico:

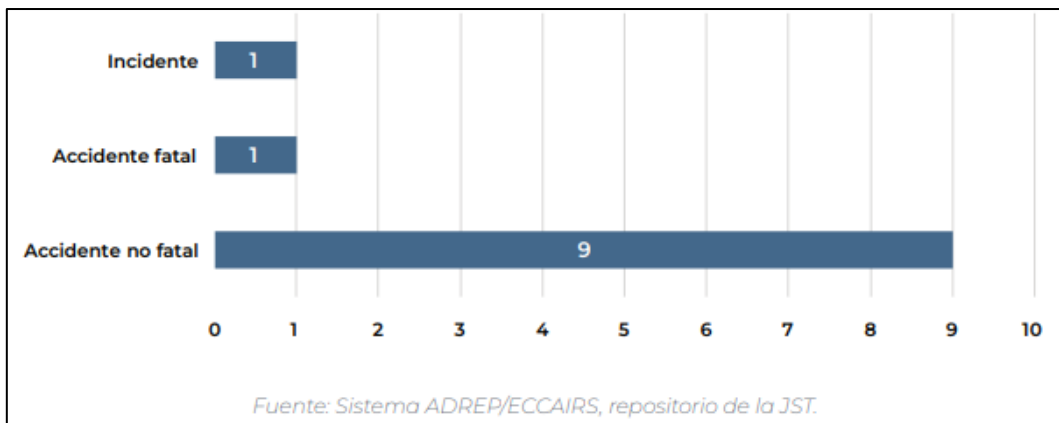


Figura 26. Sucesos por formación de hielo en el período 2013-2022. Fuente: JST

1.19 Técnicas de investigaciones útiles o eficaces

A partir de las entrevistas realizadas, se reconstruyó la secuencia de acciones llevadas a cabo por la tripulación antes del despegue. El motor estuvo en marcha mientras la aeronave rodaba hacia el área de carga de combustible. Luego, regresó a la plataforma del hangar, donde los pilotos detuvieron el motor y realizaron la inspección pre-vuelo.

Posteriormente, la aeronave se dirigió a la cabecera de pista, donde, debido a la presencia de tránsito, permaneció en espera durante algunos minutos. En ese

período, se llevaron a cabo las pruebas previas al despegue; entre ellas, activaron el sistema de aire caliente al carburador y verificaron la correspondiente caída de RPM del motor.

A 90° de pista	
FRENOS	Aplicar
ACELERADOR	1500 RPM
IGNITION	L,R,BOTH, ver caída RPM
CARB HEAT	ON, ver caída RPM, OFF
ENGINE	1000 RPM
IGNICION	OFF, ver caída, ON
COMANDOS	Libres
CIRCUITO	Libre
BRIEFING	Completo

FIN CHECKLIST

Figura 27. Lista de chequeo pre-vuelo. Fuente: investigación JST

El Manual de Vuelo de la aeronave establece que debe utilizarse el aire caliente siempre que existan condiciones de formación de hielo.

CÁLEFACTOR DE AIRE PARA EL CARBURADOR.-

1. No hay calor cuando la perilla se encuentra adentro y hay calor cuando la perilla está afuera.
2. Usar aire caliente completo durante la aproximación para el aterrizaje durante toda maniobra con acelerador cerrado y cuando existan condiciones de formación de hielo. Una pequeña merma en las RPM, y asperezos en el funcionamiento del motor denotan, generalmente, la formación de hielo.

Figura 28. Manual de Vuelo de la aeronave. Fuente: investigación JST

2. ANÁLISIS

2.1 Introducción

La investigación se centró en el análisis del estado de mantenimiento y funcionamiento del motor, así como de sus sistemas asociados, con el objetivo de identificar posibles factores que expliquen la pérdida repentina de potencia experimentada durante la fase de ascenso inicial.

En este contexto, se destacan las siguientes circunstancias generales que condicionaron el alcance del análisis:

- No se dispuso de registros de vuelo, ya que la aeronave no contaba con sistemas de grabación
- Se presentaron dificultades para la recolección de muestras de combustible, debido a la posición final de la aeronave tras el aterrizaje de emergencia
- El motor fue almacenado de manera inadecuada antes de la realización de los ensayos técnicos

2.2 Aspectos técnicos-operativos

Resultados de los ensayos

En relación con la muestra de combustible, se considera que la metodología utilizada para su obtención pudo haber generado contaminación externa con trazas de sílice (tierra) y aluminio, dado que se recurrió al corte del conducto de aluminio con una pinza que estuvo en contacto con el terreno, al igual que la propia aeronave.

Del análisis realizado por el LEM se destaca:

- No se detectó presencia de agua en la muestra
- El combustible correspondía al tipo AVGAS 100LL

- La muestra resultó no apta debido al contenido de sólidos

Con motivo de la investigación, se relevaron antecedentes de otras aeronaves que cargaban combustible del mismo depósito sin haber notificado inconvenientes, por lo que se considera que la contaminación detectada obedecería a factores introducidos durante la recolección de la muestra, y no a una condición preexistente del combustible utilizado.

En cuanto a la muestra obtenida por goteo, no se evidenciaron hallazgos significativos. Dado que el motor tenía pocas horas de uso desde su última recorrida general, la presencia de pequeñas partículas metálicas se considera esperable.

Respecto a la muestra del cilindro n°3, se estima que la ingesta de partículas de tierra podría haber generado una abrasión localizada sobre el conjunto pistón-cilindro. No se identificaron elementos que indicaran un mal funcionamiento general del sistema de lubricación, y el tipo y estado del aceite no fueron considerados factores contribuyentes en el suceso.

Luego del suceso, el motor estuvo almacenado con el cárter y los escapes hacia arriba, lo que favoreció el escurrimiento del aceite hacia los cilindros. En caso de que alguna válvula de escape hubiera quedado abierta, este posicionamiento podría haber permitido el ingreso de tierra al interior de los cilindros, propiciando su mezcla con el aceite residual. No obstante, no se identificaron fallas funcionales en el motor ni en sus componentes mecánicos.

Probabilidad de formación de hielo en el carburador

Momentos antes del despegue, el motor permaneció en marcha durante un tiempo relativamente prolongado: primero para dirigirse a cargar combustible, luego al regresar al hangar y, finalmente, al desplazarse hacia la cabecera de pista, donde debió esperar algunos minutos con el motor encendido debido al tráfico.

El tiempo durante el cual el motor permaneció en funcionamiento a potencia reducida, sumado a las condiciones meteorológicas presentes, conformó un

escenario propicio para la formación de hielo en el carburador. Según lo indicado por el ábaco de referencia, existía una probabilidad seria de formación de hielo en regímenes de baja potencia y una probabilidad moderada en fase de crucero.

La aplicación de aire caliente con la antelación y duración adecuada constituye una medida preventiva eficaz frente a la formación de hielo en instancias previas al despegue. En este caso, si bien durante el chequeo previo al despegue se activó el sistema de aire caliente al carburador, dicha acción se limitó a un período breve y tuvo como único objetivo verificar la caída de RPM, conforme a lo establecido en la lista de chequeo.

Aunque no fue posible comprobar de manera concluyente la presencia de hielo, el tiempo prolongado de funcionamiento del motor en tierra a potencia reducida, combinado con las condiciones meteorológicas favorables al fenómeno, sustenta la hipótesis de que, al momento del despegue, pudo haberse producido el desprendimiento de hielo previamente acumulado en el carburador, lo que habría provocado la pérdida repentina de potencia.

2.3 Aspectos institucionales

De acuerdo con lo relevado durante la investigación, la ANAC ha publicado al menos dos documentos destinados a aspirantes a la licencia de piloto privado, en los que se abordan los riesgos vinculados a la formación de hielo en general, y en particular, al fenómeno de formación de hielo en el carburador.

En el Manual de Piloto Privado de Avión, documento central en la instrucción inicial de pilotos, el fenómeno es mencionado de manera breve, sin profundizar en sus implicancias operativas. En contraste, el documento “Teoría y Análisis de Respuestas”, una guía complementaria del programa de instrucción, desarrolla el tema de forma más extensa, incluyendo la descripción de los fundamentos físicos que originan el fenómeno.

Cabe destacar que, tal como se mostró en las secciones anteriores, múltiples agencias y organismos aeronáuticos han desarrollado materiales específicos para advertir sobre las características de la formación de hielo, reconociendo su

relevancia como factor de riesgo operacional. Estos documentos no solo describen el mecanismo técnico de formación de hielo, sino que también brindan herramientas prácticas para su consideración al momento de planificar el vuelo, así como criterios para su detección temprana. El análisis de estos materiales permite concluir que la formación de hielo en el carburador es un fenómeno mitigable, siempre que se disponga de un mayor nivel de conocimiento e información sobre la temática.

Además, como se evidencia en el relevamiento estadístico realizado tanto por la NTSB como por la JST, la ocurrencia de sucesos vinculados a este fenómeno representa un porcentaje significativo dentro de los accidentes aeronáuticos. Estos resultados muestran que no se trata de una problemática esporádica o aislada, por lo que su abordaje debe ser priorizado.

En este sentido, resulta fundamental que los documentos de referencia para la instrucción de pilotos en la Argentina contemplen una descripción más completa y operativamente útil del fenómeno de formación de hielo en el carburador. Esto permitiría que los pilotos, desde su formación inicial, puedan reconocer las condiciones que favorecen su aparición, comprender sus consecuencias operativas, así como los mecanismos para su detección temprana y prevención.

3. CONCLUSIONES

3.1 Conclusiones referidas a factores relacionados con el accidente

- ✓ Según el ábaco de referencia, las condiciones meteorológicas al momento del suceso indicaban una probabilidad elevada de formación de hielo en el carburador durante operaciones en régimen de baja potencia
- ✓ Si bien se utilizó aire caliente a 90° de cabecera de pista, fue aplicado con corta duración con la finalidad de cumplimentar la lista de chequeo previa al despegue
- ✓ Las maniobras realizadas en tierra, el tiempo de espera en plataforma sumado a las condiciones meteorológicas fueron posibles factores que propiciaron la formación de hielo en carburador
- ✓ La investigación no logró comprobar fehacientemente la presencia del fenómeno de formación de hielo en el carburador

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

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

- ✓ El ELT instalado en la aeronave no se encontraba registrado en la base de datos de la ANAC
- ✓ No se registraron señales de activación del ELT tras el suceso
- ✓ Se observó que el documento “Teoría y Análisis de Respuestas” desarrollado por la ANAC aborda con mayor nivel de profundidad técnica el fenómeno de formación de hielo en carburador, en comparación con lo expuesto en el Manual del Piloto Privado de Avión, también elaborado por dicha autoridad

4. RECOMENDACIONES SOBRE SEGURIDAD OPERACIONAL

4.1 A la Administración Nacional de Aviación Civil

RSO AE-2075-25

El fenómeno de formación de hielo en el carburador puede generar una obstrucción parcial o total en el sistema de admisión de aire, lo que puede derivar en una disminución de potencia e incluso en la detención del motor durante el vuelo. Debido a su impacto potencial en la seguridad operacional, este riesgo debe ser comprendido por todos los pilotos, con especial atención en los alumnos de piloto privado de avión, quienes se encuentran en una etapa formativa. Por ello, se recomienda:

Profundizar los contenidos sobre la formación de hielo en el carburador en los materiales de instrucción dirigidos a pilotos, enfatizando en los métodos de detección, las problemáticas asociadas y la probabilidad de ocurrencia, con el fin de brindar una orientación teórica y práctica para operar aeronaves en las que este fenómeno pueda presentarse.



República Argentina - Poder Ejecutivo Nacional
AÑO DE LA RECONSTRUCCIÓN DE LA NACIÓN ARGENTINA

Hoja Adicional de Firmas
Informe gráfico

Número:

Referencia: LV-NRF - Informe de Seguridad Operacional

El documento fue importado por el sistema GEDO con un total de 44 pagina/s.