



Informe de Seguridad Operacional

SUCESO: Accidente

TÍTULO: Fallo o mal funcionamiento de sistema/componente (no del grupo motor). Learjet 35A, matrícula LV-BPA, Aeropuerto Internacional Gobernador Ramón Trejo Noel, provincia de Tierra del Fuego

FECHA Y HORA DEL SUCESO: 1 de julio de 2022 a las 17:10 horas (UTC)

EXPEDIENTE: EX-2022-66817513- -APN-DNISAE#JST

DIRECCIÓN NACIONAL DE INVESTIGACIÓN DE SUCESOS AERONÁUTICOS

Junta de Seguridad en el Transporte

Av. 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-BPA. Aeropuerto Internacional Gobernador Ramón Trejo Noel, Río Grande, provincia de Tierra del Fuego. Fuente: Junta de Seguridad en el Transporte, 2025.

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	10
1. INFORMACIÓN SOBRE LOS HECHOS	11
1.1 Reseña del vuelo	11
1.2 Lesiones a personas	11
1.3 Daños en la aeronave	12
1.4 Otros daños	13
1.5 Información sobre el personal	13
1.6 Información sobre la aeronave	16
1.7 Información meteorológica	25
1.8 Ayudas a la navegación	26
1.9 Comunicaciones	26
1.10 Información sobre el lugar del suceso	26
1.11 Registradores de vuelo	28
1.12 Información sobre los restos de la aeronave y el impacto	33
1.13 Información médica y patológica	38
1.14 Incendio	38
1.15 Supervivencia	40

1.16	Ensayos e investigaciones	40
1.17	Información orgánica y de dirección	50
1.18	Información adicional	53
1.19	Técnicas de investigaciones útiles o eficaces	53
2.	ANÁLISIS	54
2.1	Introducción	54
2.2	Aspectos técnicos-operativos	54
2.3	Aspectos institucionales	62
3.	CONCLUSIONES	65
3.1	Conclusiones referidas a factores relacionados con el accidente	65
3.2	Conclusiones referidas a otros factores de riesgo de seguridad operacional identificados por la investigación	66
4.	RECOMENDACIONES SOBRE SEGURIDAD OPERACIONAL	67
4.1	A Bombardier Inc.	67

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 conexas. 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

AA2000: Aeropuertos Argentina 2000

AIP: Publicación de Información Aeronáutica

ALT: Altitud de Presión

ANAC: Administración Nacional de Aviación Civil

ASIO: Oficina de Investigación de Seguridad Aérea de Bombardier

CESA: Certificado de Explotador de Servicios Aéreos

CPIAyE: Consejo Profesional de la Ingeniería Aeronáutica y Espacial

CVR: Registrador de Voces de Cabina

DEEC: *Digital Electronic Engine Control*

FAA: *Federal Aviation Administration*

ITT: Temperatura interturbina

JST: Junta de Seguridad en el Transporte

MM: Modo Manual

NTSB: *National Transportation Safety Board*

N1: Velocidad en porcentaje del compresor de baja presión

N2: Velocidad en porcentaje del compresor de alta presión

OACI: Organización de Aviación Civil Internacional

ORSNA: Organismo Regulador del Sistema Nacional de Aeropuertos

OT: Orden de Trabajo

PF: *Pilot Flying*

PLA: Ángulo de la palanca de potencia

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

PM: *Pilot Monitoring*

PSA: Policía de Seguridad Aeroportuaria

RA: Representante Acreditado

RAAC: Regulaciones Argentinas de Aviación Civil

RSO: Recomendación sobre Seguridad Operacional

RSOA: Recomendación sobre Seguridad Operacional Anticipada

S.A: Sociedad Anónima

SMN: Servicio Meteorológico Nacional

SMS: Sistema de Gestión de la Seguridad Operacional

SNA: Sistema Nacional de Aeropuertos

S.R.L: Sociedad de Responsabilidad Limitada

SSEI: Servicio de Salvamento y Extinción de Incendios

S/N: Número de Serie

TAR: Taller Aeronáutico de Reparación

TR: Despliegue del Inversor de Empuje

UTC: Tiempo Universal Coordinado

WOW: Peso sobre Ruedas

YPF: Yacimientos Petrolíferos Fiscales

SINOPSIS

Este informe detalla los hechos y circunstancias en torno al accidente de la aeronave LV-BPA, un Learjet 35A, en Río Grande (provincia de Tierra del Fuego) el 1 de julio de 2022 a las 17:10 horas², durante un vuelo transporte aéreo no regular sanitario.

El informe presenta cuestiones de seguridad operacional relacionadas con las tareas descritas en el manual de mantenimiento de la aeronave respecto a la instalación y remoción del cable de interconexión de alerones, así como el impacto de las prácticas de mantenimiento y los mecanismos de supervisión en la correcta aplicación de los procedimientos establecidos.

El 7 de diciembre de 2023 se emitió una Recomendación de Seguridad Operacional Anticipada (RSOA) dirigida a *Bombardier Inc.*



Figura 1. Posición final de la aeronave. 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 1 de julio de 2022, la aeronave con matrícula LV-BPA, un Learjet 35A operado por Flying America S.A., arribó al Aeropuerto Internacional Gobernador Ramón Trejo Noel³ (Río Grande, provincia de Tierra del Fuego) a las 15:55 horas, en un vuelo de aviación comercial no regular sanitario.

A las 17:10 horas, luego de reabastecer combustible a la aeronave, la tripulación de mando junto con un médico y una enfermera se dispuso a regresar al Aeropuerto Internacional de San Fernando (San Fernando, provincia de Buenos Aires). Para el vuelo programado, el piloto estaba a cargo del monitoreo (*Pilot Monitoring*, PM) y el copiloto de los comandos de vuelo (*Pilot Flying*, PF).

Tras la carrera de despegue por la pista 26, una vez en el aire, la aeronave roló hacia la izquierda, niveló por un instante, roló nuevamente hacia el mismo lado y comenzó a perder altura hasta que impactó contra el terreno. El impacto se produjo a 1.870 metros de la cabecera de pista 26 y a 300 metros a la izquierda del eje de pista.

Como consecuencia del suceso, la aeronave resultó destruida debido al impacto y al incendio posterior.

1.2 Lesiones a personas

Lesiones	Tripulación	Pasajeros ⁴	Otros	Total
Mortales	2	2	0	4
Graves	0	0	0	0
Leves	0	0	0	0

³ A partir de aquí y para facilitar la fluidez del texto, el Aeropuerto Internacional Gobernador Ramón Trejo Noel será referido como "Aeropuerto de Río Grande".

⁴ La columna de pasajeros incluye al médico y a la enfermera.

Ninguna	0	0	0	0
---------	---	---	---	---

Tabla 1

1.3 Daños en la aeronave

1.3.1 Célula

Destruída.



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

1.3.2 Motores

Destruídos.



Figura 3. Daños en el motor N.º1. Fuente: investigación JST



Figura 4. Daños en el motor N.º2. 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 (<i>Pilot Monitoring</i> o PM)	
Sexo	Masculino
Edad	52 años
Nacionalidad	Argentina
Licencias	Piloto Comercial de Primera Clase de Avión
Habilitaciones	Vuelo nocturno; Vuelo por instrumentos; MONT-T ⁵ ; MULT-T ⁶ ; SW4 ⁷ ; LJ35 ⁸
Certificación médica aeronáutica	Clase 1 Válida hasta el 30/06/2023 Limitaciones: debe usar anteojos con corrección óptica indicada.

Tabla 2

⁵ Monomotor terrestre.

⁶ Multimotor terrestre.

⁷ Fairchild Swearingen Metroliner.

⁸ Learjet 35.

Su experiencia era la siguiente:

Horas de vuelo	General	En el tipo
Total general	9.338,7	2.122,3
Últimos 90 días	8,2	8,2
Últimas 24 horas	3,5	3,5
En el día del suceso	3,5	3,5

Tabla 3

El libro de vuelo registraba actividad hasta el 22 de mayo de 2022. A partir de los historiales de la aeronave y del libro de vuelo del copiloto, donde se detallaba la tripulación de cada vuelo, se determinó que había acumulado 8,2 horas de vuelo en los 90 días previos al accidente.

El último entrenamiento periódico en Learjet 35 fue completado el 5 de febrero de 2022 en la empresa *FlightSafety International*, en Tucson (Arizona, Estados Unidos), donde practicó, entre otros procedimientos, la recuperación de actitudes anormales mediante simulador.

La certificación del copiloto cumplía con la reglamentación vigente.

Copiloto (<i>Pilot Flying o PF</i>)	
Sexo	Masculino
Edad	51 años
Nacionalidad	Argentina por opción
Licencias	Piloto Comercial de Primera Clase de Avión
Habilitaciones	Vuelo nocturno; Vuelo por instrumentos; MONT-T; MULT-T; Copiloto LJ35; SW4
Certificación médica aeronáutica	Clase 1 Válida hasta el 30/09/2022

Tabla 4

Su experiencia era la siguiente:

Horas de vuelo	General	En el tipo
Total general	6.913,1	717,8
Últimos 90 días	57,0	7,5
Últimas 24 horas	3,5	3,5
En el día del suceso	3,5	3,5

Tabla 5

El 30 de octubre de 2021 completó el entrenamiento periódico para copiloto de LJ35A en Flying America S.A., realizó dos horas de prácticas en vuelo, conforme a los requerimientos del programa de instrucción de la empresa. En este entrenamiento practicó procedimientos normales, operaciones de máxima performance e instrumentales, pero no se realizaron prácticas de emergencia en vuelo debido al riesgo inherente a estas maniobras. Además, no se llevaron a cabo prácticas en simulador.

Mantenimiento de la aeronave

El mantenimiento de la aeronave estaba a cargo de la empresa Air Delta S.R.L., y las tareas eran realizadas por personal con habilitación y experiencia en el ámbito de la aviación. A continuación, se detallan los roles y calificaciones del equipo técnico que intervenía en dichas tareas:

a) Representante técnico

Estaba matriculado en el Consejo Profesional de la Ingeniería Aeronáutica y Espacial (CPIAyE) y registrado ante la Administración Nacional de Aviación Civil (ANAC) para desempeñar funciones como representante técnico en Air Delta S.R.L. Contaba con experiencia en organizaciones de mantenimiento de aviación comercial regular y había recibido diversas capacitaciones, entre ellas: auditoría de calidad, gestión de la seguridad operacional, factores humanos y mantenimiento.

b) Inspector

Estaba matriculado en el CPIAyE y registrado ante la ANAC para desempeñar funciones como inspector en Air Delta S.R.L. Contaba con experiencia acreditada y habilitado como mecánico de mantenimiento de aeronaves (categoría C). Su formación y experiencia laboral incluían aeronaves Learjet 20, serie 30, 31 y 35 (nivel III) conforme al estándar ATA 104⁹.

⁹ Es un estándar de la industria para el desarrollo de la capacitación en mantenimiento aeronáutico.

c) *Mecánicos*

Los mecánicos estaban matriculados en el CPIAyE, habilitados como mecánicos de mantenimiento de aeronaves (categoría C) y registrados ante la ANAC para desempeñar funciones en Air Delta S.R.L. Contaban con experiencia laboral y cursos acreditados en aeronaves Learjet 20, serie 30, 31, 35 y 60 (nivel III) conforme al estándar ATA 104.

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.

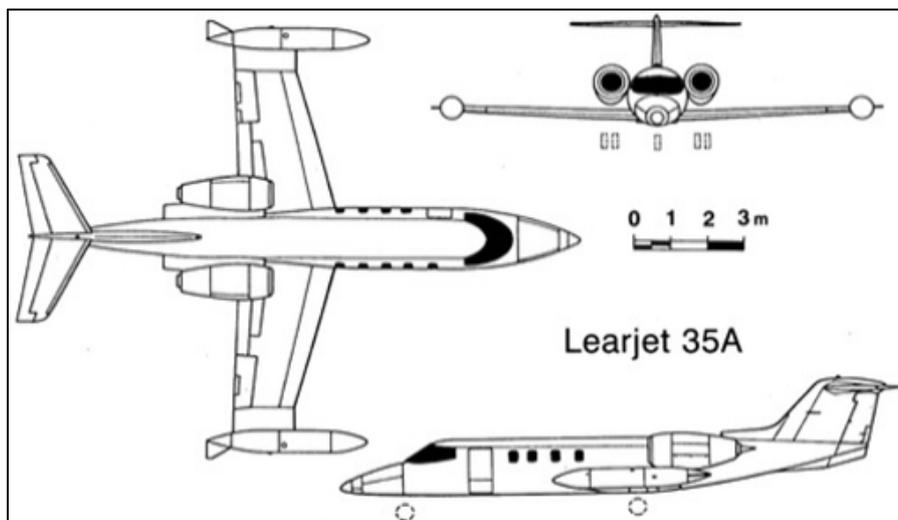


Figura 5. Perfil de la aeronave. Fuente: Manual de Vuelo de la aeronave

Aeronave	
Marca	Learjet
Modelo	35-A
Categoría	Transporte
Año de fabricación	1977
Número de serie	143
Peso máximo de despegue	8.300 kg
Peso máximo de aterrizaje	6.940 kg
Peso vacío	4.510 kg
Fecha del último peso y balanceo	06/10/2020
Horas totales	13.917
Ciclos totales	13.170
Certificado de matrícula	Propietario
	Flying America SA

Certificado de aeronavegabilidad	Fecha de expedición	28/08/2018
	Clasificación	Estándar
	Categoría	Transporte
	Fecha de emisión	13/06/2018
	Fecha de vencimiento	No aplica

Tabla 6

Motor N.º1	
Marca	Honeywell
Modelo	TFE-731-2-2B
Fabricante	Honeywell
Número de serie	P-74489C
Horas totales	13.660
Horas desde la última recorrida general	2.777
Ciclos totales	12.510
Ciclos desde la última recorrida	2.694
Habilitación	Hasta el 12/2022

Tabla 7

Motor N.º2	
Marca	Honeywell
Modelo	TFE-731-2-2B
Fabricante	Honeywell
Número de serie	P-74472C
Horas totales	13.597
Horas desde la última recorrida general	4.194
Ciclos totales	12.481
Ciclos desde la última recorrida	4.121
Habilitación	Hasta el 12/2022

Tabla 8

Peso y balanceo de la aeronave

Peso y balanceo al momento del suceso	
Peso vacío	4.509 kg
Peso de la tripulación	206 kg
Peso de los pasajeros	160 kg
Peso del combustible	2.863 kg
Peso total	7.738 kg
Peso máximo permitido de despegue	8.300 kg
Diferencia en menos	562 kg

Tabla 9

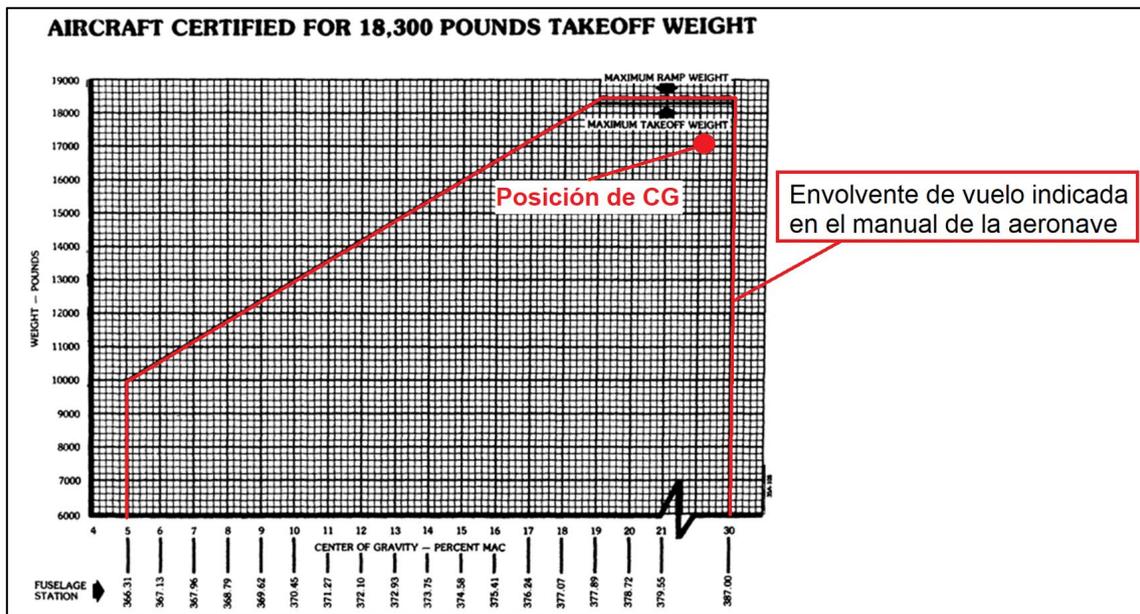


Figura 6. Envolverte de vuelo. Fuente: Manual de Vuelo de la aeronave

Al momento del suceso, el peso y el balanceo de la aeronave se encontraban dentro de la envolverte de vuelo indicada en el Manual de Vuelo de la aeronave.

El combustible cargado en el Aeropuerto de Río Grande fue JET A-1, suministrado por Yacimientos Petrolíferos Fiscales (YPF). Según los ensayos realizados sobre las muestras tomadas de la abastecedora, el combustible cumplía con las normas vigentes.

De acuerdo con la entrevista realizada al despachante de YPF, se cargaron 1.740 litros de combustible en la aeronave, completando su capacidad.

Sistema de control de alerones

Los alerones proporcionan el control necesario para realizar virajes en ambos lados mediante un movimiento de alabeo de la aeronave. Cada columna de control está equipada con un mando en forma de U que los controla.

Los alerones operan de manera asimétrica: al girar el mando de control hacia un lado, el alerón del ala correspondiente se eleva, mientras que el alerón del ala contraria desciende. Ambos alerones se desplazan en un ángulo de deflexión proporcional a la cantidad de giro aplicada al mando de control. El alerón que se

eleva en el ala hacia donde se mueve el mando disminuye la curvatura en esa sección del ala, lo que reduce la sustentación y provoca que esa ala descienda. En contraste, el alerón que desciende en el ala opuesta incrementa la curvatura y la sustentación, lo que provoca que esa ala ascienda. Esta combinación de efectos opuestos genera el movimiento de alabeo hacia el ala que desciende, lo que resulta en un viraje de la aeronave hacia ese lado.

En el Learjet 35A, el sistema de control de los alerones puede ser accionado manual o automáticamente a través del sistema de piloto automático. Este sistema se compone de cuatro subsistemas:

1. El sistema de control de los alerones se realiza manualmente a través del mando de control ubicado en el puesto del piloto y del copiloto.
2. El sistema compensador de alerones es una parte integral del alerón izquierdo y aumenta la estabilidad lateral de la aeronave. El interruptor para accionarlo está ubicado en el mando de control y un indicador en el pedestal central de la cabina indica la posición del compensador.
3. Los sistemas de control de balanceo se instalan en ambos alerones para disminuir la fuerza requerida en el mando de control. Se controlan mecánicamente, de modo que, al mover un alerón en un sentido, el otro se desplaza proporcionalmente en sentido contrario.
4. El sistema de amplificación de alerones cuenta con *spoilers* que funcionan de manera independiente para asistirlos. A medida que un alerón se eleva, su respectivo *spoiler* se eleva en una proporción de 1:1 con el alerón.

El movimiento del mando de control se transfiere a los alerones mediante un sistema de cables de lazo cerrado, conectados a un sector común ubicado en la línea central del fuselaje.

Cuando se rota cualquiera de los mandos de control de los alerones, el cable de interconexión (*crossover cable* en la figura 7) rota el otro mando y el cable de control hace girar el sector del alerón ubicado en la línea central del fuselaje. Los alerones están interconectados mediante cables de lazo cerrado separados. Estos

cables están conectados a la polea central de accionamiento del alerón, que permite elevar o descender los alerones. El movimiento máximo de la rueda de control (detalle D en la figura 8) es de 110° tanto a la izquierda como a la derecha del punto neutro. El movimiento máximo del alerón es de 18° (±1) hacia arriba y 18° (±2) hacia abajo.

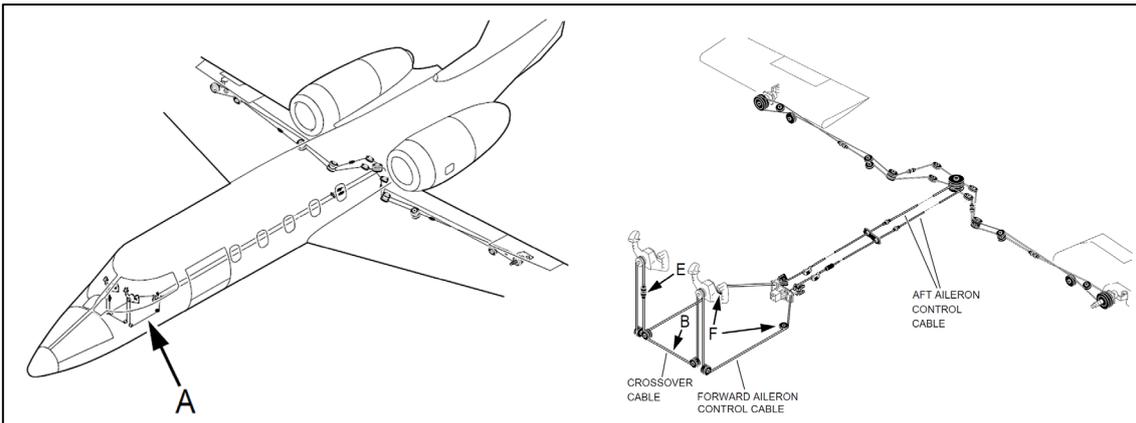


Figura 7. Sistema de control de alerones. Fuente: Manual de Vuelo de la aeronave

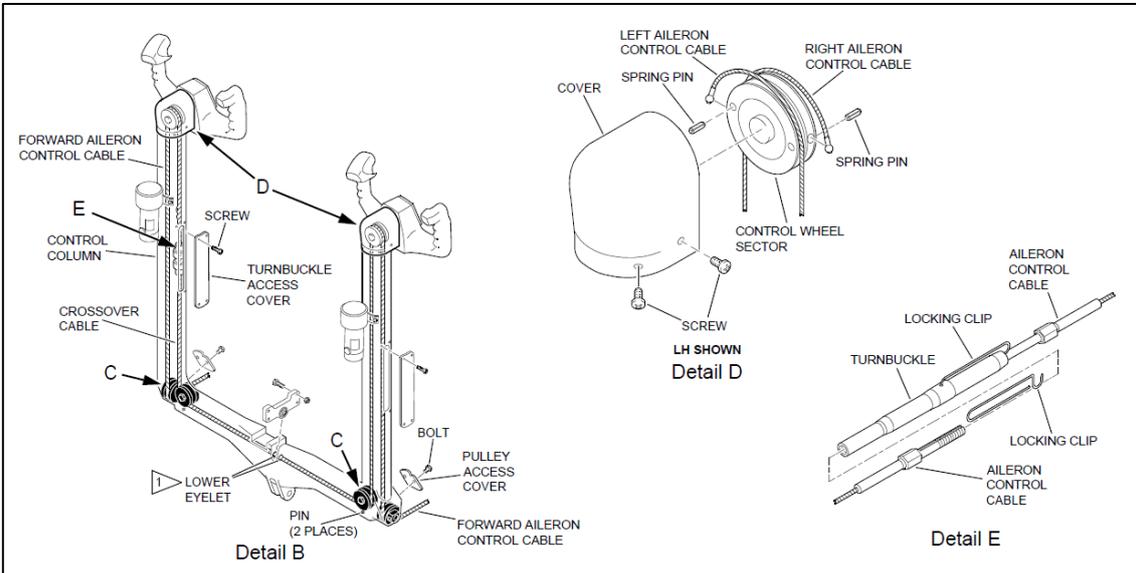


Figura 8. Mando de control de alerones. Fuente: Manual de Vuelo de la aeronave

Programa de Inspección – Controles de Vuelo

El Programa de Inspección del Learjet 35A se compone de 24 inspecciones por fases que pueden realizarse individualmente, en grupos o de manera conjunta,

según lo programe el operador de la aeronave y de acuerdo con las tolerancias de inspección permitidas. Cada fase de inspección corresponde a uno de los cuatro intervalos definidos, ya sea por horas de vuelo o por calendario: Fase A (300 horas o 12 meses), Fase B (600 horas o 24 meses), Fase C (1.200 horas o 48 meses) y Fase D (2.400 horas o 96 meses).

Cada intervalo principal de inspección (A, B, C y D) incluye seis fases independientes. El Programa de Inspección del Learjet también abarca otras inspecciones y verificaciones individuales que deben realizarse en intervalos específicos.

Dentro de este programa, se incluyen inspecciones específicas del sistema de control de vuelo de la aeronave, entre las cuales se destacan las siguientes:

- IRN¹⁰ P2710045: requiere la remoción de la cubierta del tensor del cable de interconexión para verificar la presencia de cables deshilachados o dañados. Esta inspección corresponde a la Fase B, es decir, debe realizarse cada 600 horas de vuelo o cada 24 meses.
- IRN H2710032: requiere verificar las tensiones de los cables del sistema de control de alerones, timón y elevador. Para ello, es necesario ajustar los tensores de los cables con el fin de regular adecuadamente la tensión. Esta inspección corresponde a la Fase C, es decir, debe realizarse cada 1.200 horas de vuelo o cada 48 meses.

Asimismo, el programa de inspección incluye una lista de equipos que deben ser reemplazados por componentes en condiciones de servicio en intervalos especificados. De acuerdo con esta lista, el cable de interconexión de los alerones debe ser reemplazado cada 2.400 horas.

¹⁰ Número de referencia de la inspección.

IRN	SYSTEM AND COMPONENT	INTERVAL
V2620040	Engine fire extinguisher cartridges. (HTL) NOTE: The maximum service life shall not exceed 6 years. The maximum storage and installed service life shall not exceed 9 years. Check date stamped on cartridge.	6 Years
	WING	
F2710009	* Primary Aileron Control System Cables NOTE: Replacement time applies to primary control systems only. Roll, pitch, and yaw servo cables and aileron/rudder interconnect cables are replaced as required. (Refer to Chapter 27 for control cable damage limits.)	2,400 Hours

Figura 9. Reemplazo programado del cable de interconexión de alerones. Fuente: Manual de Mantenimiento de la aeronave

Para llevar a cabo el reemplazo del cable, el Manual de Mantenimiento de la aeronave detalla el procedimiento y proporciona las instrucciones técnicas necesarias para asegurar su correcta instalación y funcionamiento en el sistema de control de la aeronave.

**LEARJET 35/35A/36/36A
MAINTENANCE MANUAL**

AILERON CONTROL CABLES - MAINTENANCE PRACTICES

1. Removal/Installation

A. Removal of the Aileron Crossover Cable (See Figure 201.)

- (1) Disconnect electrical power from the aircraft.
- (2) Deleted.
- (3) Remove the turnbuckle access cover on the left side of the copilot control column to access the cross-over cable turnbuckle.
- (4) Remove the left and right pulley access covers from the control column assembly.
- (5) Disconnect the crossover cable at the turnbuckle.
- (6) Disassemble the left control wheel to remove the spring pin that attaches the crossover cable to the left control wheel sector assembly. (Refer to 27-10-05.)
- (7) Remove the crossover cable pulley pins from the control column.
- (8) Remove the crossover cable pulleys from the control column.
- (9) Attach a string to the crossover cable to help in installation of the new crossover cable.
- (10) Remove the crossover cable from the control column.

B. Installation of the Aileron Crossover Cable (See Figure 201.)

CAUTION: MAKE SURE THAT THE CROSSOVER CABLE IS ROUTED THROUGH THE LOWER EYELET AS SHOWN IN FIGURE 201. IF REQUIRED, USE A BORESCOPE TO DO THIS.

- (1) Attach the new crossover cable to the string.
- (2) Route the crossover cable through the control column.
- (3) Install the crossover cable pulleys on the control column.
- (4) Install the crossover cable pulley pins on the control column.
- (5) Remove the string from the crossover cable.
- (6) Install the crossover cable onto the control wheel sector assembly with the spring pin. (Refer to 27-10-05.)
- (7) Connect the crossover cable to the right aileron control cable.
- (8) Assemble the left control wheel. (Refer to 27-10-05.)
- (9) Restore tension to the aileron cables and do the rigging of the aileron control system as necessary. (Refer to 27-10-00.)

NOTE: The crossover cable tension must be adjusted to the same tension as the left and right aileron cables.

Make sure that the left control wheel switches are operational.

- (10) Install the left and right pulley access covers at the control column assembly.
- (11) Install the turnbuckle access cover on the left side of the copilot control column.
- (12) Connect electrical power to the aircraft.
- (13) Restore the aircraft to normal.

EFFECTIVITY: ALL

27-10-08 Page 201
Jun 20/17

MM-99

Figura 10. Procedimiento para el reemplazo del cable de interconexión de alerones.

Fuente: Manual de Mantenimiento de la aeronave

Mantenimiento de los controles de vuelo

Según los registros de mantenimiento, el último reemplazo del cable de interconexión se efectuó a las 13.217,5 horas totales de vuelo, el 18 de julio de 2016, bajo la orden de trabajo N.º 1255 del Taller Aeronáutico de Reparación (TAR) 1B-209 Air Delta SRL.

IRN CODE	DESCRIPTION	PART NUMBER	SERIAL NUMBER	SERVICE LIFE		INSTALLED			DUE			REMAINING				
				HRS	CYCLE	MO/YR	HRS	CYCLE	DATE	HRS	CYCLE	DATE	HRS	CYCLE	DAYS	
WING																
F2710009	AILERON YOKE INTERCONNECT CABLE	2300003-231 & -229	2400			13217,5	12531	18-jul-16	15617,5			2021,5				
F2710009	LH AILERON OUTBOARD CABLE	2300003-243	2400			13217,5	12531	18-jul-16	15617,5			2021,5				
F2710009	RH AILERON FUSELAGE CABLE	2300003-246	2400			13217,5	12531	18-jul-16	15617,5			2021,5				
F2710009	AFT FUSELAGE AILERON CONTROL CABLE ASSY	2300003-17	2400			13217,5	12531	18-jul-16	15617,5			2021,5				
F2710009	LH INBD AILERON CONTROL CABLE TO CENTER SECTOR	2300003-78	2400			11931,8	11305	08-nov-10	14331,8			735,8				
F2710009	RH INBD AILERON CONTROL CABLE TO CENTER SECTOR	2300003-272	2400			11931,8	11305	08-nov-10	14331,8			735,8				
F2710009	LH AILERON CABLE (OUTBOARD)	2300003-16	2400			11931,8	11305	08-nov-10	14331,8			735,8				
F2710009	RH AILERON CABLE (OUTBOARD)	2300003-16	2400			11931,8	11305	08-nov-10	14331,8			735,8				
E2710010	LH AILERON DRIVE YOKE BOLT	3600	3600			11931,8	11305	08-nov-10	15531,8			1935,8				
E2710010	RH AILERON DRIVE YOKE BOLT	NAS1104-38D	3600			11931,8	11305	08-nov-10	15531,8			1935,8				
E2710010	LH AILERON DRIVE YOKE NUT	3600	3600			11455,6	10707	22-sept-08	15055,6			1459,6				
E2710010	RH AILERON DRIVE YOKE NUT	AN 320-4	3600			11455,6	10707	22-sept-08	15055,6			1459,6				
E2710014	LH AILERON CENTER HINGE BOLT	3600	3600			11931,8	11305	08-nov-10	15531,8			1935,8				
E2710014	RH AILERON CENTER HINGE BOLT	AN4H13A	3600			11931,8	11305	08-nov-10	15531,8			1935,8				
G2710016	LH AILERON ASSEMBLY	2324027	20000						20000			6404				
G2710016	RH AILERON ASSEMBLY	2324027	20000						20000			6404				

Figura 11. Último cambio del cable de interconexión según orden de trabajo N.º 1255.

Fuente: investigación JST

Según los registros de mantenimiento, la inspección H2710032, correspondiente a la Fase C del programa de inspección de la aeronave, se completó el 28 de febrero de 2020 a las 13.695,7 horas totales de vuelo, bajo la Orden de Trabajo (OT) N.º 1605 emitida por el TAR 1B-209.

 Air Delta S.R.L. ANAC 1B-209		<table border="1"> <thead> <tr> <th>IRN</th> <th>INSPECTION</th> <th>MECH</th> <th>INSP</th> <th>DATE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>H5321006</td> <td>Take up carpet and inspect flanges of frames 13 thru 14 LH and frames 10 thru 14 RH for general condition, deformation, and cracks in area above floorboard and inboard of outboard seat rail support. NOTE: Those flanges covered by cabinets or toilet need not be inspected.</td> <td>M19 AD</td> <td>M15 AD</td> <td></td> </tr> <tr> <td>H7610004</td> <td>Visually inspect engine throttle system for control cable routing security of clamps, and general condition. (Refer to 05-10-06)</td> <td>M19 AD</td> <td>M15 AD</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>COCKPIT</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>H2211031</td> <td>Check roll servo cable tension. (Refer to 22-13-02.)</td> <td>M19 AD</td> <td>M15 AD</td> <td></td> </tr> <tr> <td>H2400004</td> <td>Pedestal interior wiring for wire routing, clearances, deterioration, and general condition.</td> <td>M19 AD</td> <td>M15 AD</td> <td></td> </tr> <tr> <td>P2700053</td> <td>Inspect structure and controls in keelbeam from pedestal and control column to forward edge of cabin door for operation, clearances, and general condition.</td> <td>M19 AD</td> <td>M15 AD</td> <td></td> </tr> <tr> <td>H2710032</td> <td>Check aileron, rudder, and elevator control system cable tensions. (Refer to 27-10-00, 27-20-00, and 27-30-00.)</td> <td>M19 AD</td> <td>M15 AD</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		IRN	INSPECTION	MECH	INSP	DATE	H5321006	Take up carpet and inspect flanges of frames 13 thru 14 LH and frames 10 thru 14 RH for general condition, deformation, and cracks in area above floorboard and inboard of outboard seat rail support. NOTE: Those flanges covered by cabinets or toilet need not be inspected.	M19 AD	M15 AD		H7610004	Visually inspect engine throttle system for control cable routing security of clamps, and general condition. (Refer to 05-10-06)	M19 AD	M15 AD			COCKPIT				H2211031	Check roll servo cable tension. (Refer to 22-13-02.)	M19 AD	M15 AD		H2400004	Pedestal interior wiring for wire routing, clearances, deterioration, and general condition.	M19 AD	M15 AD		P2700053	Inspect structure and controls in keelbeam from pedestal and control column to forward edge of cabin door for operation, clearances, and general condition.	M19 AD	M15 AD		H2710032	Check aileron, rudder, and elevator control system cable tensions. (Refer to 27-10-00, 27-20-00, and 27-30-00.)	M19 AD	M15 AD	
IRN	INSPECTION	MECH	INSP	DATE																																							
H5321006	Take up carpet and inspect flanges of frames 13 thru 14 LH and frames 10 thru 14 RH for general condition, deformation, and cracks in area above floorboard and inboard of outboard seat rail support. NOTE: Those flanges covered by cabinets or toilet need not be inspected.	M19 AD	M15 AD																																								
H7610004	Visually inspect engine throttle system for control cable routing security of clamps, and general condition. (Refer to 05-10-06)	M19 AD	M15 AD																																								
	COCKPIT																																										
H2211031	Check roll servo cable tension. (Refer to 22-13-02.)	M19 AD	M15 AD																																								
H2400004	Pedestal interior wiring for wire routing, clearances, deterioration, and general condition.	M19 AD	M15 AD																																								
P2700053	Inspect structure and controls in keelbeam from pedestal and control column to forward edge of cabin door for operation, clearances, and general condition.	M19 AD	M15 AD																																								
H2710032	Check aileron, rudder, and elevator control system cable tensions. (Refer to 27-10-00, 27-20-00, and 27-30-00.)	M19 AD	M15 AD																																								
ORDEN DE TRABAJO N.º 1605	FECHA: 28 de Febrero 2020	HOJA DE _ 																																									
AERONAVE: LEARJET	MODELO - PIN: 35A	NUMERO DE SERIE: 143																																									
MATRICULA: LV-BPA	HORAS TOTALES (TSN): 13695,7	CICLOS TOTALES (CSN): 13000																																									
MODELO - PIN MOTORES: HONEYWELL TFE731-2-2B	MOTOR #1 (TSN):	MOTOR #1 (CSN):																																									
S/N MOTOR #1: P-74489C	MOTOR #2 (TSN):	MOTOR #2 (CSN):																																									
S/N MOTOR #2: P-74472	ACCESORIO (TSN / TSO):	MODELO - PIN: 																																									
PROPIETARIO: Flying America SA	DIRECCION: Hangar Air Delta – Ruta 202 y Balcarce – San Fernando	TEL / FAX: 011-5648-8626/7																																									
SOLICITADO POR:	RECIBIDO POR:	APROBADO POR:																																									
FIRMA Y ACLARACION:	FIRMA Y ACLARACION:	FIRMA Y ACLARACION:																																									

Figura 12. Última inspección H2710032 según OT N.º 1605. Fuente: investigación JST

La última inspección P2710045 se completó el 30 de noviembre de 2021 a las 13.897 horas totales de vuelo, bajo la OT N.º 1819 emitida por el mismo TAR.

		
ORDEN DE TRABAJO N°: 1819	FECHA: 30 de Noviembre 2021	HOJA _ DE _
AERONAVE: LEARJET	MODELO - PIN: 35A	NUMERO DE SERIE: 143
MATRICULA: LV-BPA	HORAS TOTALES (TSN): 13897.0	CICLOS TOTALES (CSN): 13149
MODELO - PIN MOTORES: HONEYWELL TFE731-2-2B		
S/N MOTOR # 1: P-74489C	MOTOR #1 (TSN):	MOTOR #1 (CSN):
S/N MOTOR # 2: P-74472	MOTOR #2 (TSN):	MOTOR #2 (CSN):
ACCESORIO (TSN / TSO):	MODELO - PIN:	NUMERO DE SERIE:
PROPIETARIO: Flying América SA	DIRECCION: Hangar Air Delta – Ruta 202 y Balcarce – San Fernando	TEL / FAX:
SOLICITADO POR:	RECIBIDO POR:	APROBADO POR:
FIRMA Y ACLARACION	FIRMA Y ACLARACION	FIRMA Y ACLARACION

**LEARJET 35/35A/36/36A
MAINTENANCE MANUAL**

IRN	INSPECTION	MECH	INSP	DATE
P2710045	Remove control wheel sector cover and turnbuckle coverplate from control column. Move control wheel to both extreme right and left while inspecting for frayed or damaged cables.	M18 AD	I15 AD	
AB2730032	Control Column (both control column capstan covers removed) - Clean and visually inspect, using 10X magnification and adequate lighting, upper control column area around forward control column capstan support and cover threaded holes (both pilot and co-pilot control columns.) (See Figure 1.)	M18 AD	I15 AD	
N3243046	Power Brake Valve - Perform inspection of adjustment screws	M18 AD	I15 AD	

Figura 13. Última inspección P2710045 según OT N.º 1819. Fuente: investigación JST

1.7 Información meteorológica

El Servicio Meteorológico Nacional (SMN) elaboró un informe utilizando los datos registrados por la estación meteorológica del Aeropuerto de Río Grande, así como un mapa sinóptico de superficie correspondiente a las 18:00 horas. A partir de este informe, se destacan los siguientes parámetros meteorológicos:

Información meteorológica	
Viento	290°/ 4 nudos
Visibilidad	30 kilómetros
Fenómenos significativos	Ninguna
Nubosidad	1/8 CI ¹¹ 6.000 metros
Temperatura	0,9 °C
Temperatura punto de rocío	-6,6 °C
Presión a nivel medio del mar	999,3 hPa
Humedad relativa	58 %

Tabla 10

Con relación a la posibilidad de formación de hielo sobre las superficies de la aeronave, se transcriben los siguientes fragmentos correspondientes del análisis realizado por el SMN:

“[...] Englamiento por acreción de gotas de agua sobre enfriadas: en el lugar del suceso no existió precipitación ya sea sólida o líquida en las 2

¹¹ Cirrostratos.

horas precedentes, así como la presencia de microgotas de agua sobre enfriada que pudieran dar a lugar acreción de engelamiento tipo ‘hielo claro’ en los planos de la aeronave.

Engelamiento por difusión de vapor de agua (sublimación-escarcha): durante el período que estuvieron expuestos los planos de la aeronave en plataforma existieron condiciones para la formación de escarcha débil por temperaturas negativas, atenuada por la presencia débil de viento del cuadrante oeste en el aeródromo en las horas precedentes que impedía su formación.

Teniendo en cuenta esto, se infiere que no hubo condiciones propicias de engelamiento severo que pudieron haber afectado los planos de la aeronave del suceso en plataforma de AD GDE."

1.8 Ayudas a la navegación

No aplica.

1.9 Comunicaciones

Las comunicaciones entre la tripulación y los servicios de tránsito aéreo del Aeropuerto de Río Grande se llevaron a cabo de manera continua y estandarizada. La tripulación no manifestó ninguna anomalía que pudiera afectar el desarrollo normal de la operación.

1.10 Información sobre el lugar del suceso

La siguiente tabla presenta información detallada sobre el lugar del suceso:

Lugar del suceso	
Ubicación	Aeropuerto de Río Grande
Coordenadas	53°46'39"S – 67°44'58"W
Superficie	Asfalto
Dimensiones	2.000 x 45 metros
Orientación magnética	08-26
Elevación	19,75 metros

Tabla 11



Figura 14. Lugar del accidente. Fuente: investigación JST

El Aeropuerto de Río Grande contaba con un Programa de Control de Hielo y Nieve que establecía la descontaminación de pistas, calles de rodaje y plataforma entre el 1 de mayo y el 30 de septiembre. Según la entrevista realizada al jefe de base de Aeropuertos Argentina, responsable del servicio en el aeropuerto, el día anterior al accidente se aplicaron 1.500 litros de glicol sobre la pista a las 21:47 horas. Además, de acuerdo con la Publicación de Información Aeronáutica (AIP), el aeropuerto ofrecía un servicio de deshielo para aeronaves las 24 horas.

El aeropuerto también implementaba un Programa de Prevención de Peligro Aviario y Fauna destinado a mitigar los riesgos asociados a la presencia de fauna en las operaciones aéreas. Según la documentación proporcionada por el jefe de base, a las 16:37 horas -momentos antes del despegue de la aeronave LV-BPA- se realizó una inspección en la que se detectó la presencia de aves cerca de la pista. Se utilizó pirotecnia como método para ahuyentarlas, conforme al procedimiento establecido en el Programa.

El día posterior al accidente, se llevó a cabo un recorrido por la pista y la franja, donde no se encontró evidencia que sugiriera un posible impacto con fauna durante el despegue. Tampoco se halló evidencia en los restos de la aeronave.

1.11 Registradores de vuelo

Registrador de Voces de Cabina

La aeronave estaba equipada con un Registrador de Voces de Cabina (CVR). La mañana siguiente al accidente, el equipo de investigación localizó el CVR entre los restos de la aeronave; presentaba daños causados por el fuego.

Registrador de Voces de Cabina	
Fabricante	Fairchild
Número de serie	01744
Número de parte	GA100-0000
Duración de la grabación de audio	30 minutos

Tabla 12

El 6 de febrero de 2023, el CVR fue enviado a la *National Transportation Safety Board* (NTSB), organismo encargado de la investigación de accidentes e incidentes en los Estados Unidos, país de diseño y fabricación de la aeronave. La NTSB confirmó la recepción del dispositivo el 3 de marzo de 2023 y el 17 de marzo de 2023 envió a la JST el registro de audio extraído.



Figura 15. Estado del CVR recuperado. Fuente: investigación JST

En los audios obtenidos no se escucharon indicios de fallas mecánicas en la aeronave y la tripulación no manifestó anomalía alguna. A partir de los diálogos en la cabina, se infiere que el copiloto sentado a la derecha inició la carrera de

despegue y, luego de que el avión adoptara una actitud anormal por segunda vez, el piloto ubicado a la izquierda tomó el mando de la aeronave.

Digital Electronic Engine Control

Entre los restos de la aeronave se recuperaron las *Digital Electronic Engine Control* (DEEC)¹², que fueron enviadas al fabricante, *Honeywell Aerospace*, a través de la NTSB el 6 de febrero de 2023. *Honeywell* confirmó la recepción de las DEEC el 3 de marzo de 2023 e indicó que la extracción de datos tomaría aproximadamente 60 días. El 6 de abril de 2023, la NTSB envió un representante de la *Federal Aviation Administration* (FAA) para supervisar los trabajos realizados por el personal de *Honeywell*.

DEEC del motor N.º1	
Fabricante	<i>Honeywell</i>
Número de serie	126-0083
Número de parte	2119020-4004

Tabla 13

DEEC del motor N.º2	
Fabricante	<i>Honeywell</i>
Número de serie	46-CM0043
Número de parte	2119020-4004

Tabla 14

¹² Las DEEC son sistemas diseñados para gestionar y controlar de forma precisa y eficiente los parámetros de funcionamiento del motor. Estos controladores supervisan y regulan aspectos como la mezcla de combustible y aire, la temperatura, la presión, la potencia y la velocidad.



Figura 16. DEEC #1 y DEEC #2 recuperados entre los restos de la aeronave. Fuente: investigación JST

Según informó *Honeywell* el 5 de mayo de 2023, se obtuvieron los datos de una de las DEEC mediante conexión directa. Sin embargo, la otra DEEC presentó errores durante la descarga. Tras varios intentos de adquirir los datos directamente, se optó por extraer el chip de la memoria interna y clonar su contenido, lo que permitió obtener los datos registrados.



Figura 17. Proceso de extracción de datos de las DEEC. Fuente: informe de *Honeywell Aerospace*

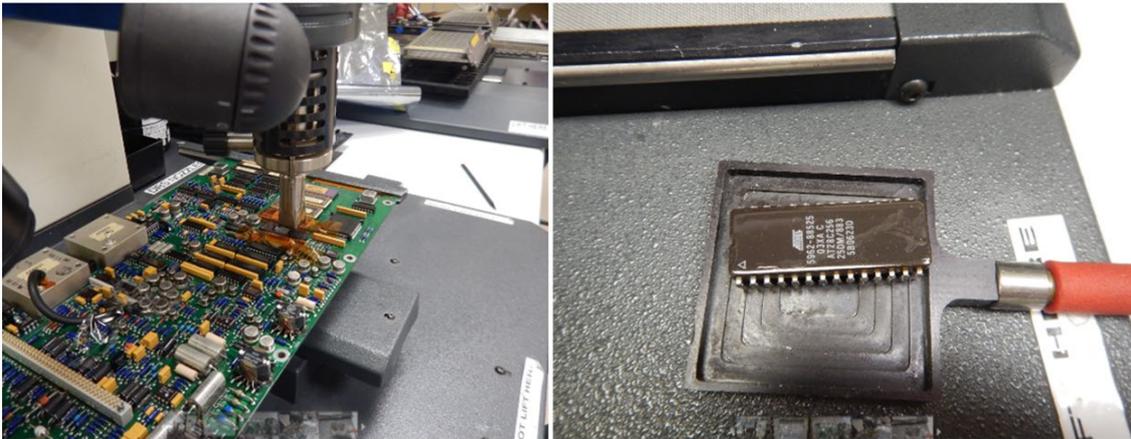


Figura 18. Extracción del chip de la memoria interna del equipo. Fuente: informe de *Honeywell Aerospace*

Las DEEC registran fallas y recopilan datos de operación del motor y de la aeronave, almacenándolos en una memoria no volátil para su posterior descarga. No están diseñadas para resistir impactos, lo que puede resultar en la pérdida de datos debido a daños causados por impacto o incendio. Los parámetros almacenados en la memoria no volátil incluyen:

- N1: Velocidad en porcentaje del compresor de baja presión
- N2: Velocidad en porcentaje del compresor de alta presión
- ITT: Temperatura Interturbina
- WOW: Peso sobre Ruedas
- Mach: Número de Mach
- PLA: Ángulo de la Palanca de Potencia
- ALT: Altitud de Presión
- TR: Despliegue del Inversor de Empuje
- Modo de Control: Automático / Manual

Es importante señalar que, en esta versión de las DEEC, los valores de Peso sobre Ruedas (WOW), Número de Mach y Despliegue del Inversor de Empuje (TR) son calculados internamente, basándose en la N1, la presión total y la presión estática.

La cronología de los eventos registrados se presenta desde el segundo 60 hasta el momento en que se desenergizaron las DEEC como resultado del accidente. Durante este período se observó:

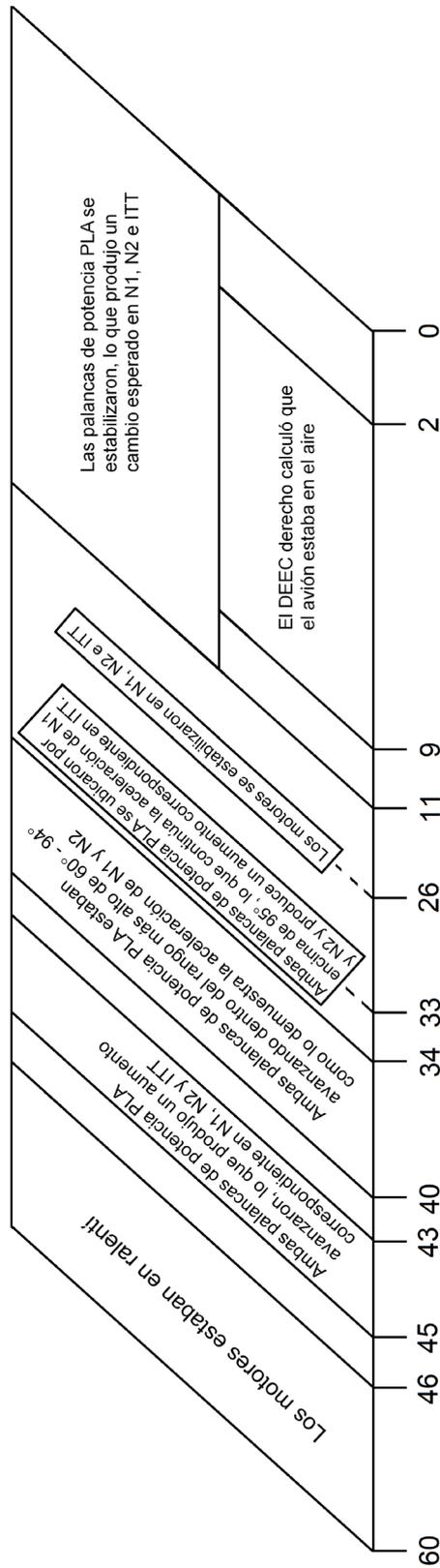


Figura 19. Cronología de eventos registrados en las DEEC durante los últimos 60 segundos.

Fuente: informe de *Honeywell Aerospace*

- En el intervalo de 60 a 46 segundos, los motores operaban en ralentí.
- En el intervalo de 45 a 43 segundos, ambas Palancas de Potencia (PLA) avanzaron, lo que provocó un aumento en N1, N2 e ITT.
- En el intervalo de 40 a 34 segundos, las PLA se situaron en el rango de 60° a 94°, lo que se refleja en el aumento de N1 y N2.
- A los 33 segundos, ambas PLA superaron los 95°, continuaron así la aceleración de N1 y N2 y generaron un incremento adicional en ITT.
- A los 26 segundos, los motores alcanzaron un estado de estabilización en N1, N2 e ITT.
- En el intervalo de 11 a 0 segundos, las PLA se estabilizaron, lo que resultó en cambios esperados en N1, N2 e ITT.
- En el intervalo de 9 a 2 segundos, el DEEC derecho calculó que el avión se encontraba en vuelo.

En ningún momento los DEEC se transfirieron al Modo Manual (MM), lo que indica un funcionamiento correcto.

El análisis de los datos obtenidos reveló que ambos motores se encontraban en funcionamiento y respondían adecuadamente a las entradas de las PLA durante toda la carrera de despegue hasta el momento del accidente.

1.12 Información sobre los restos de la aeronave y el impacto

La investigación obtuvo las filmaciones de dos cámaras situadas en la plataforma que registraron la actitud de vuelo de la aeronave durante el despegue y antes del impacto. Se observó que, mientras ascendía, la aeronave realizó un rolido hacia la izquierda, niveló momentáneamente y luego roló nuevamente hacia el mismo lado. A partir de ese momento, comenzó a perder altura hasta impactar contra el terreno.



Figura 20. Superposición de cuadros tomados de la cámara “patio de valijas”. Fuente: investigación JST



Figura 21. Superposición de cuadros tomados de la cámara “plataforma operativa”. Fuente: investigación JST

En base a las marcas dejadas en el terreno y la dispersión de los restos, se determinó que la aeronave impactó primero con el *tip tank*¹³ izquierdo, giró 180° sobre su eje vertical y se deslizó por el terreno hasta detenerse. El estado general de los restos era consistente con un impacto a baja velocidad.

¹³ Un *tip tank* es un tanque de combustible ubicado en la puntera de cada ala de la aeronave, diseñado para aumentar la capacidad total de combustible.



Figura 22. Trayectoria estimada de la aeronave. Fuente: investigación JST

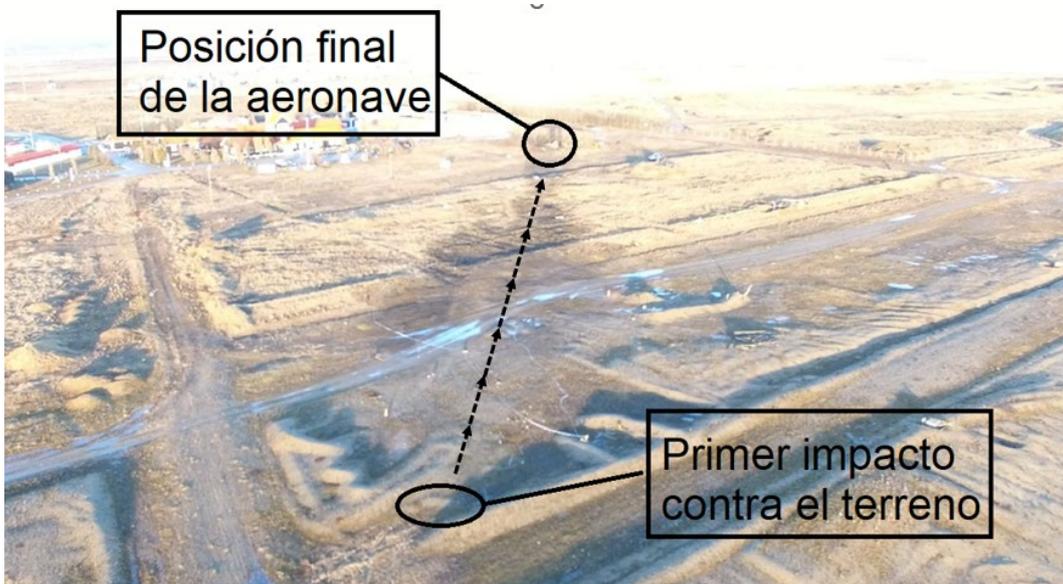


Figura 23. Fotografía aérea de la zona de dispersión de restos. Fuente: investigación JST

La mañana siguiente al accidente, se llevó a cabo un rastillaje con el apoyo del personal de la Armada Argentina, de Aeropuertos Argentina, de la ANAC y de la Policía de Seguridad Aeroportuaria (PSA). No se encontraron componentes de la aeronave en posiciones previas al primer impacto y todas las superficies de control fueron halladas en el lugar donde la aeronave se detuvo.



Figura 24. Zona en la que se realizó el rastrillaje. Fuente: investigación JST

Reconstrucción de la aeronave

Los restos recuperados se trasladaron a un hangar de la Armada Argentina en el aeropuerto de Río Grande donde se identificaron la mayoría de los componentes, incluidas todas las superficies de control de vuelo. Sin embargo, debido al grado de destrucción de la aeronave, no fue posible realizar pruebas de funcionamiento en los comandos.

Durante el proceso de investigación de campo se recuperaron equipos e instrumentos de a bordo que, debido al estado de destrucción, no fue posible determinar su indicación o estado de funcionamiento al momento del impacto.



Figura 25. Instrumentos y equipos de cabina recuperados. Fuente: investigación JST



Figura 26. Reconstrucción de la aeronave. Fuente: investigación JST



Figura 27. Reconstrucción de la aeronave. Fuente: investigación JST

1.13 Información médica y patológica

No se detectó evidencia médico-patológica de la tripulación relacionada con el accidente.

1.14 Incendio

Como consecuencia del impacto de la aeronave contra el terreno se produjo un incendio. El Servicio de Salvamento y Extinción de Incendios (SSEI) llegó al lugar del accidente con dos unidades móviles aproximadamente tres minutos después del suceso. El desplazamiento hasta el sitio se realizó sin inconvenientes, a través de la plataforma, las calles de rodaje y la pista, e ingresó finalmente por una calle de tierra.



Figura 28. Recorrido del SSEI hasta ubicación final de la aeronave. Fuente: investigación

JST

En primera instancia empleó espuma para combatir el fuego. Una vez extinto, utilizó agua para enfriar la zona debido a las explosiones de los recipientes sometidos a presión que se encontraban dentro de la aeronave.

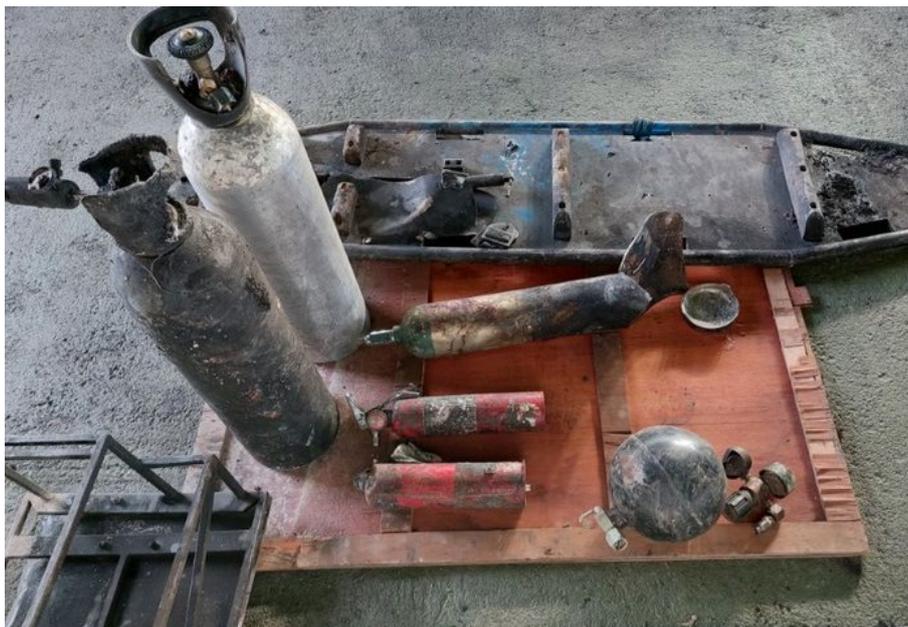


Figura 29. Recipientes sometidos a presión dañados. Fuente: investigación JST

El Aeropuerto de Río Grande contaba con un Plan de Emergencia del Aeródromo (PEA) aprobado (vigente desde el 3 de marzo de 2006) con su última actualización realizada el 10 de abril de 2019. Debido a la pandemia por COVID-19, la siguiente actualización del PEA había sido postergada hasta febrero de 2023.

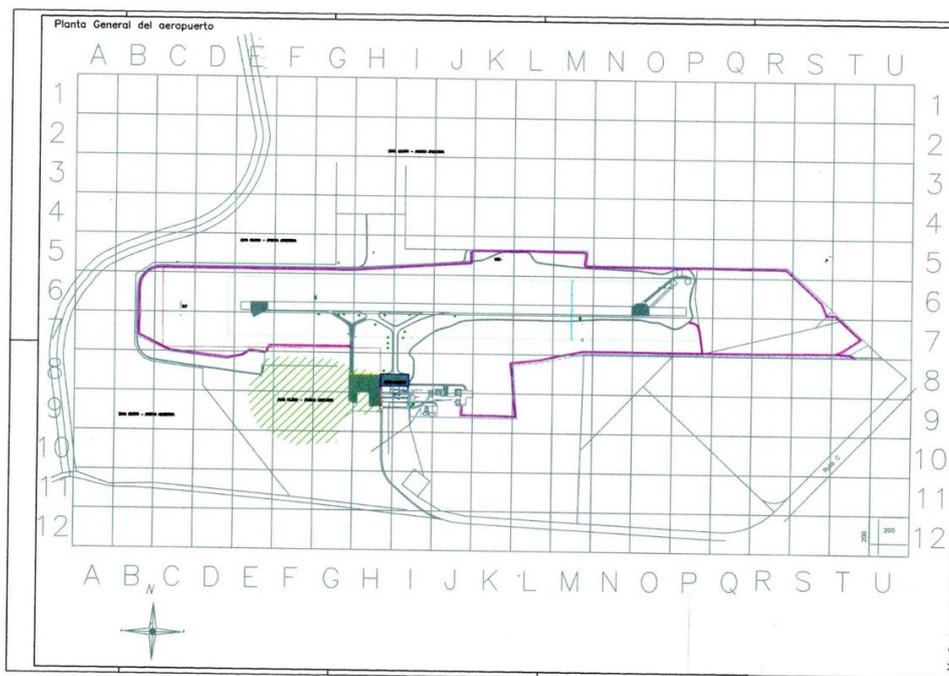


Figura 30. Cuadrícula del plano del aeropuerto de Río Grande. Fuente: PEA de Río Grande

1.15 Supervivencia

La evidencia forense recopilada durante la investigación determinó que, como consecuencia del impacto de la aeronave, los cuatro ocupantes sufrieron politraumatismos que les causaron la muerte.

1.16 Ensayos e investigaciones

Inspección de la aeronave

De acuerdo con las disposiciones del Anexo 13 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional, la JST solicitó la colaboración del Estado de diseño y fabricación de la aeronave. En respuesta, la NTSB designó a un Representante Acreditado (RA) para la investigación y nombró a la Oficina de Investigación de Seguridad Aérea de *Bombardier* (ASIO) como asesor técnico del RA.

El equipo de la ASIO, compuesto por un investigador de seguridad aérea y un especialista en controles de vuelo de Learjet, llegó a la República Argentina el 20 de agosto de 2023 para examinar los restos de la aeronave, con especial atención a los controles de vuelo. Al día siguiente, se reunieron con el equipo de investigación de la JST en su sede en Buenos Aires y viajaron a Río Grande (del 23 al 25 de agosto) para examinar los restos.

En Río Grande se realizó un examen exhaustivo de cada superficie, cable y sistema de control de la aeronave para validar el funcionamiento de los controles de vuelo antes del impacto. El orden del examen fue:

1. Ala izquierda
2. Ala derecha
3. Sección de cola
4. Fuselaje trasero (desde la sección de cola hasta el tanque de combustible central)
5. Fuselaje delantero (desde el tanque de combustible central y el cajón alar hasta la cabina de mando)

6. Cabina de mando

En las primeras cinco instancias de inspección, no se encontraron evidencias que indicaran inconvenientes o deficiencias previas al impacto.

La posición del *flap* izquierdo, determinada por la extensión del actuador, indicaba que estaba en la posición de despegue (8 grados), mientras que el *flap* derecho parecía estar completamente extendido (40 grados). Sin embargo, luego de evaluar los daños en el sistema de *flaps* y la secuencia del impacto, se determinó que ambos *flaps* estaban desplegados simétricamente a 8 grados al momento del impacto. El actuador del *flap* derecho se extendió completamente debido a las fuerzas del impacto posteriores.



Figura 31. Extensión de los actuadores de *flaps* izquierdo (foto superior) y derecho (foto inferior). Fuente: investigación JST

Los *spoilers* izquierdo y derecho, según lo determinado por la extensión del actuador, se encontraban en la posición retraída.



Figura 32. Spoiler izquierdo. Fuente: investigación JST

En el indicador de velocidad del lado izquierdo (piloto) se observaron marcas consistentes con el golpe de la aguja durante la secuencia del impacto. Las marcas parecían indicar que la aguja apuntaba a aproximadamente 70 nudos cuando la aeronave impactó contra el terreno.



Figura 33. Indicador de velocidad del lado izquierdo. Fuente: investigación JST

En la inspección de la cabina de mando (instancia N.º 6) se observó que presentaba daños significativos debido a la magnitud del impacto y al fuego subsiguiente. Como resultado, no fue posible verificar la correcta disposición de los cables y las poleas asociadas a los comandos del timón de dirección y del elevador.

Sin perjuicio de ello, en la zona de la cabina se recuperó el mando de control del lado izquierdo (figura 33), que mostraba daños por fuego y estaba fracturado aproximadamente en su mitad (figura 34).



Figura 34. Mando de control del lado izquierdo encontrado entre los restos de la cabina.

Fuente: investigación JST

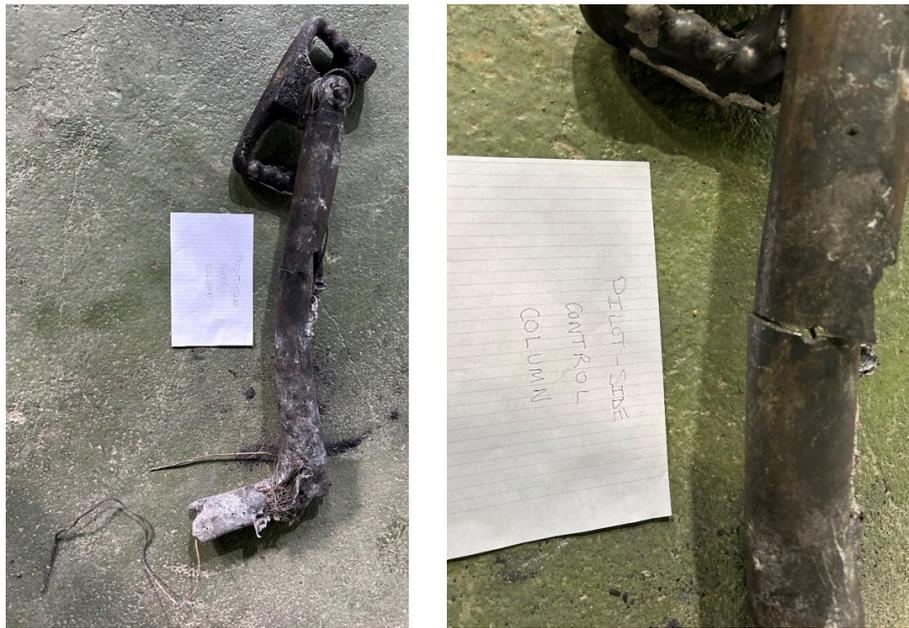


Figura 35. Fractura presente en el mando de control del lado del piloto. Fuente: investigación JST

Además, se constató que el cable del sistema de control del alerón, el cual se extendía desde la polea hacia abajo a través del mando y luego hacia la parte posterior del fuselaje, permanecía conectado a la polea (figura 35) en la parte superior del mando. Este cable estaba correctamente instalado en el cabrestante y adecuadamente ruteado a través del mando de control. En presencia del equipo de ASIO, el equipo de investigación de la JST cortó este cable para facilitar la extracción del mando de control de los restos de la cabina.



Figura 36. Polea en la parte superior del mando de control. Fuente: investigación JST

El cable de interconexión correspondiente al mando de control del alerón del lado izquierdo (identificado como ítem 14 en color amarillo en la figura 36) fue hallado conectado a la polea (figura 35). Este cable estaba correctamente instalado y terminaba en el extremo macho del tensor que unía los cables de interconexión del lado izquierdo (piloto) y del lado derecho (copiloto). A pesar de una búsqueda exhaustiva entre los restos de la aeronave, no se logró localizar el mando de control, el cable de interconexión del lado derecho, ni tampoco el extremo hembra¹⁴ del tensor (identificado como ítem 7 en color rojo en la figura 36).

¹⁴ El “extremo o lado hembra” es la parte de la conexión roscada que presenta una rosca interna, es decir, un agujero con hilos helicoidales en su interior. Esta rosca interna recibe y aloja la rosca externa del lado macho; permite así la unión de ambas piezas.

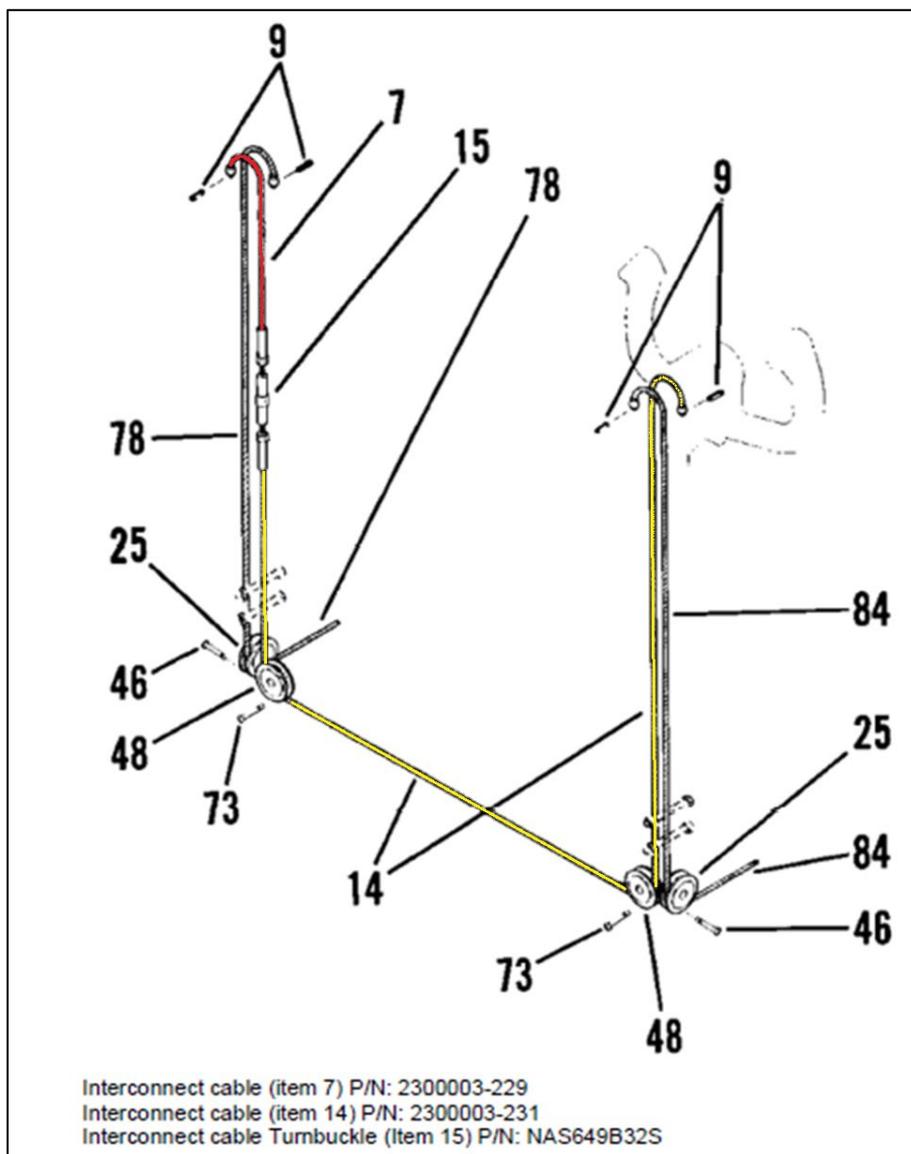


Figura 37. Detalle de la conexión de cables de alerones. Fuente: manual de mantenimiento de la aeronave

La inspección visual del extremo macho del tensor del cable de interconexión parecía indicar la presencia de hollín, daño por fuego y depósitos de metal fundido en los hilos expuestos (figura 37 y figura 38). No se observaron hilos desgarrados o cortados.



Figura 38. Cable de interconexión del mando de control del alerón del lado del piloto.

Fuente: investigación JST



Figura 39. Extremo macho del tensor del cable de interconexión. Fuente: investigación JST

Ensayo del cable de interconexión

Se retiró el extremo macho del tensor del cable de interconexión para una evaluación exhaustiva en el laboratorio de la JST. En primera instancia, se llevó a cabo una inspección visual del terminal en las condiciones que fue encontrado en el lugar del accidente.

El terminal presentaba ennegrecimiento y material adherido, especialmente en la zona roscada, con signos de oxidación y carbonización, concordantes con la exposición a altas temperaturas. No se observaron daños mecánicos, fisuras, roturas o pérdida de material. Tampoco se apreciaron inscripciones ni detalles adicionales. Tras una inspección detallada de la zona roscada, se confirmó que estaba completa, sin daños, aunque con material adherido. En general, el terminal se encontraba íntegro, sin más daños que los causados por el fuego.



Figura 40. Vista detallada de la sección roscada con referencia métrica. Fuente: investigación JST

Posteriormente, se llevó a cabo una limpieza por ultrasonido seguida de una nueva inspección visual del componente. No se detectaron diferencias significativas en comparación con las observaciones previas a la limpieza.



Figura 41. Extremo macho del tensor. Vista bajo lupa estereoscópica binocular de la zona roscada. Fuente: investigación JST

Posteriormente, se llevó a cabo un ensayo de tracción estática utilizando terminales machos indubitados. Este ensayo, aunque limitado por la falta de material suficiente y la ausencia de mecanismos de bloqueo en el ensamblaje, tuvo como objetivo evaluar la capacidad del conjunto para soportar cargas extremas, a fin de utilizarlo como referencia comparativa con el terminal en estudio. La falla ocurrió en la sección del cable cerca del *socket*, mientras que el ensamblaje roscado permaneció intacto.

Como resultado de los ensayos realizados por la JST, no se encontraron evidencias de daños mecánicos que sugieran un fallo estructural del terminal que pudiese haber causado una desconexión durante el impacto. Si bien el terminal, al ser sometido a fuego, experimentó alteraciones químicas y estructurales significativas en su superficie, principalmente debido a la exposición a altas temperaturas, no se detectaron daños mecánicos como fisuras, fracturas, desgarros o desgastes por fricción en la estructura del terminal ni en la zona roscada.

1.17 Información orgánica y de dirección

Flying America S.A.

La aeronave era operada por Flying America S.A. El Certificado de Explotador de Servicios Aéreos (CESA) autorizaba a la empresa a operar servicios no regulares (internos e internacionales) de transporte aéreo de pasajeros, carga, correo y transporte sanitario con aeronaves de gran porte. En sus registros figuraban tres aeronaves autorizadas: dos *Fairchild Swearingen SA227-AC* y el LV-BPA.

Para la instrucción inicial y recurrente de sus tripulaciones, Flying America S.A. contratava centros de instrucción habilitados por la ANAC en el país, así como centros reconocidos por ésta en el extranjero.

Flying America S.A. implementó un Sistema de Gestión de la Seguridad Operacional (SMS) conforme a los requisitos establecidos en las Regulaciones Argentinas de Aviación Civil (RAAC) Parte 135. Al momento del accidente, el SMS estaba en implementación y aprobado por la ANAC desde el 27 de marzo de 2019.

Air Delta S.R.L.

Air Delta S.R.L era un TAR habilitado por la ANAC bajo el código 1B-209. Estaba autorizado a realizar tareas de mantenimiento de: célula limitada, motores limitada, hélices limitada, accesorios limitada, ensayos no destructivos limitada, servicios especializados limitados, y categoría limitada en mantenimiento de equipos/componentes instalados bajo CTS/STC¹⁵ o equivalentes. Sus instalaciones estaban ubicadas en el Aeropuerto Internacional de San Fernando (provincia de Buenos Aires).

El organigrama del TAR estaba establecido en el Manual del Taller, donde también se detallaban las funciones y responsabilidades de sus integrantes:

¹⁵ Certificado de Tipo Suplementario.

- Gerente: representaba los intereses de la empresa en cuestiones comerciales, asignación de recursos y designación de cargos. Era el responsable primario ante la autoridad aeronáutica.
- Representante Técnico: máxima autoridad de la organización técnica, reportaba directamente al gerente. Tenía la autoridad final para la liberación al servicio de los productos intervenidos por el TAR, conforme al certificado y las especificaciones de operación aprobadas por la autoridad aeronáutica. Además, era responsable de la organización del área técnica, la gestión del personal, la planificación de trabajos y la disponibilidad de equipamiento. Su función incluía supervisar y garantizar el cumplimiento de todas las tareas de mantenimiento previstas.
- Jefe de Inspectores: dependía del Representante Técnico y tenía la responsabilidad de liberar al servicio los productos procesados por el TAR, dentro de las limitaciones y atribuciones de su licencia.
- Inspectores: bajo la supervisión del Jefe de Inspectores, eran responsables de ejecutar las inspecciones asignadas conforme a los procedimientos establecidos en el Manual del Taller y el Manual de Control de Calidad de la empresa.
- Mecánicos: ejecutaban las tareas asignadas siguiendo los procedimientos descritos en el Manual del Taller y el Manual de Calidad, en cumplimiento con las regulaciones vigentes de la autoridad aeronáutica.

Con motivo de la investigación, se solicitó a la ANAC el registro de inspecciones realizadas al TAR. Según la información proporcionada, entre el 9 de mayo de 2011 y el 3 de diciembre de 2021 (última inspección antes del accidente), la ANAC llevó a cabo un total de 16 inspecciones. En la mayoría de los casos, estas inspecciones estuvieron relacionadas con la renovación de especificaciones de operación o la ampliación de alcances. De las 16 inspecciones registradas, una fue una inspección

de oportunidad¹⁶, específicamente una inspección de seguridad operacional realizada el 31 de julio de 2015.

Luego del accidente, la ANAC realizó tres inspecciones al TAR. Posteriormente, según la información disponible, el TAR Air Delta S.R.L. cerró en 2023.

Aeropuertos Argentina

El Aeropuerto Internacional Gobernador Ramón Trejo Noel, ubicado en Río Grande (provincia de Tierra del Fuego) es un aeródromo del Sistema Nacional de Aeropuertos (SNA) y está concesionado por el Estado a la empresa Aeropuertos Argentina.

El concesionario actuaba como proveedor de servicios del aeródromo, asumía la responsabilidad de su operación conforme a las normas y métodos recomendados por la OACI, tal como se establece en el Anexo 14 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional, así como su trasposición a la normativa nacional y al material de guía y apoyo correspondiente.

En este esquema de concesión, la ANAC era responsable de supervisar el cumplimiento de la normativa aplicable, mientras que el Organismo Regulador del Sistema Nacional de Aeropuertos (ORSNA) se encargaba de verificar el cumplimiento de las cláusulas contractuales.

Administración Nacional de Aviación Civil

La ANAC es la autoridad aeronáutica de la República Argentina y su misión es normar, regular y fiscalizar la aviación civil argentina, así como instruir e integrar a la comunidad aeronáutica.

¹⁶ De acuerdo con el Manual del Inspector de Aeronavegabilidad de la ANAC, una inspección de oportunidad puede ser utilizada para realizar una inspección generalizada o no específica de reparaciones, recorrida general, modificación, o procedimientos de inspección.

El Servicio de Salvamento y Extinción de Incendios (SSEI), que forma parte de la ANAC, se encargaba de proporcionar servicios de respuesta y atención ante emergencias y desastres en aeropuertos y aeródromos bajo la responsabilidad de la autoridad aeronáutica. Entre sus funciones se incluyen la elaboración, control y registro de todas las herramientas administrativas y legales requeridas, representadas por los planes de emergencias y contingencias, para ser aplicadas en situaciones de emergencia o desastre que puedan ocurrir en el ámbito aeroportuario.

1.18 Información adicional

No aplica.

1.19 Técnicas de investigaciones útiles o eficaces

No aplica.

2. ANÁLISIS

2.1 Introducción

En el presente análisis, se examinaron los aspectos técnicos y operativos relacionados con los controles de vuelo de la aeronave LV-BPA, específicamente en lo que respecta a la integridad del tensor del cable de interconexión de alerones y su impacto en el desempeño operativo.

El análisis incluyó la evaluación de los componentes vinculados y su comportamiento bajo condiciones de operación normales, así como una revisión de los procedimientos descritos en el Manual de Mantenimiento de la aeronave. Asimismo, se consideraron las prácticas de mantenimiento y los mecanismos de supervisión implementados por el TAR, evaluando su influencia en la correcta aplicación de los procedimientos establecidos.

2.2 Aspectos técnicos-operativos

Condición del tensor del cable de interconexión

La unión de los cables de interconexión de alerones se realiza mediante un tensor. Durante la inspección de la aeronave, se observó que el cable de interconexión del lado izquierdo (piloto) terminaba en el extremo macho del tensor. Sin embargo, no se encontraron ni el cable de interconexión del lado derecho (copiloto) ni el extremo hembra del tensor, que era el componente que conectaba ambos cables.

Con motivo de la investigación, se ensayó el extremo macho del tensor del cable de interconexión de alerones. El terminal presentaba ennegrecimiento, material adherido y signos de oxidación y carbonización por exposición a altas temperaturas. No se observaron daños mecánicos ni pérdida de material. La zona roscada estaba completa y sin daños, aunque con material adherido producto del incendio. En general, el terminal se encontraba íntegro, con daños solo atribuibles al fuego. Tras una limpieza por ultrasonido, no se detectaron diferencias significativas en la inspección visual posterior.

En casos de impacto contra el terreno, las fallas suelen ocurrir en los cables de control, mientras que los tensores, debido a su mayor resistencia, tienden a permanecer intactos. Para evaluar la capacidad del ensamblaje para soportar cargas extremas y proporcionar un punto de referencia para comparar con el ensamblaje dañado recuperado de la aeronave LV-BPA, se realizó un ensayo de tracción estático utilizando terminales machos indubitados. Al respecto, es importante destacar que únicamente fue posible realizar un ensayo estático debido a la falta de material suficiente y a la ausencia de mecanismos de bloqueo en el ensamblaje disponible, lo que impidió reproducir condiciones de carga dinámica.

Como resultado del ensayo, la falla se localizó en la sección del cable cerca del *socket*, mientras que el ensamblaje permaneció intacto y sin daños aparentes. La rotura del cable, en lugar de los elementos roscados, es consistente con lo esperado, ya que estos están diseñados para soportar mayores cargas que el cable.

El análisis visual detallado y la comparación con terminales de referencia (indubitados) respaldan la hipótesis de que el terminal se encontraba desconectado al momento del impacto y el posterior incendio. La falta de evidencia de daños mecánicos relevantes, junto con la presencia de depósitos adheridos y los efectos superficiales del fuego, sugieren que el desacople ocurrió antes del suceso.

Integridad de las uniones roscadas

Los elementos de fijación roscada, como el tensor del cable de interconexión de alerones, son dispositivos de unión ampliamente utilizados en aeronaves. Su función principal es asegurar la continuidad mecánica y la transmisión de cargas entre componentes; su diseño y selección deben garantizar la resistencia tanto a cargas estáticas como dinámicas.

Cuando están sometidos a cargas dinámicas repetitivas, estos elementos pueden tener un desajuste gradual debido a los micro movimientos relativos que se producen entre las roscas. Con el tiempo, este desajuste parcial puede progresar hacia la desconexión total de la unión.

El tensor que conecta los cables de interconexión de alerones se asegura mediante un *clip* de bloqueo (*locking clip*). Este componente actúa como un mecanismo de seguridad que evita que la conexión roscada se desenrosque con el tiempo.

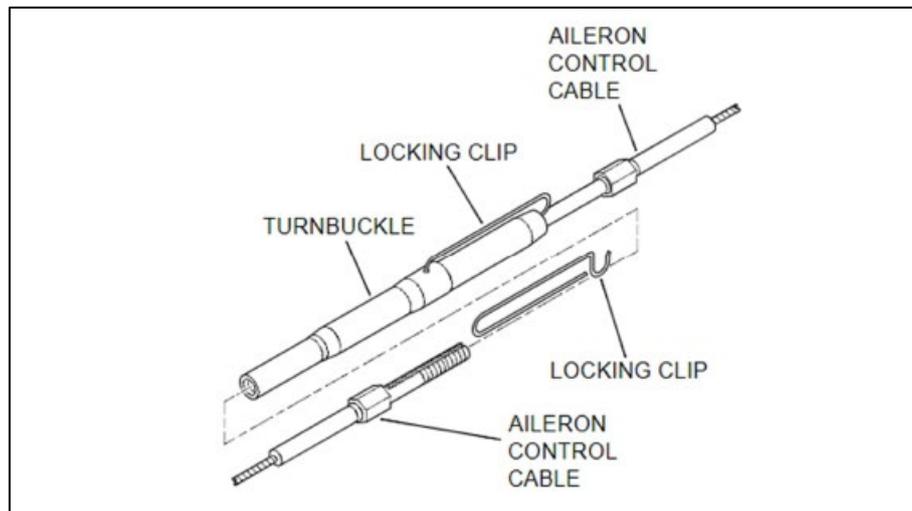


Figura 42. Ejemplo de tensor (P/N NAS649B32S). Fuente: Manual de Mantenimiento de la aeronave

Por el contrario, si no se instalan adecuadamente los *clips* de bloqueo, un tensor puede desenroscarse gradualmente bajo cargas dinámicas como las vibraciones inherentes al vuelo de una aeronave.

Los tensores, incluido el del cable de interconexión de alerones, se ajustan como parte del programa de inspección de la aeronave para garantizar una tensión adecuada en los cables y la correcta sincronización de los mandos. Durante este proceso, los *clips* de bloqueo se retiran y posteriormente se vuelven a colocar.

Consecuencias de la desconexión del cable de interconexión

En condiciones normales de funcionamiento, el movimiento del mando de control izquierdo (piloto) se encuentra sincronizado con el mando de control derecho (copiloto) a través del cable de interconexión de alerones. Cuando los mandos de control giran en sentido antihorario, el alerón izquierdo se eleva y el alerón derecho descende, lo que provoca el giro de la aeronave hacia la izquierda.

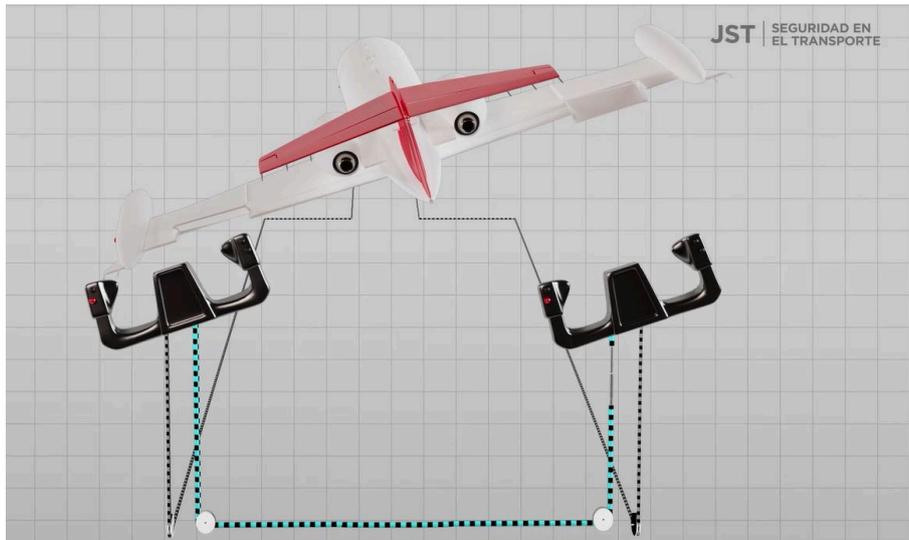


Figura 43. Giro de los mandos de control en sentido antihorario. Fuente: investigación JST

De manera análoga, el movimiento de los mandos de control en sentido horario ocasiona que el alerón izquierdo descienda y el alerón derecho se eleve, lo que resulta en un giro hacia la derecha.



Figura 44. Giro de los mandos de control en sentido horario. Fuente: investigación JST

Los hallazgos realizados por la investigación permiten inferir que el cable de interconexión de alerones se encontraba desconectado en el momento del accidente. La desconexión del tensor del cable de interconexión de alerones resulta en la pérdida de sincronización entre los mandos de control izquierdo (piloto) y derecho (copiloto). En este caso, los mandos dejan de girar de manera solidaria, lo

que provocaría que el mando de control izquierdo únicamente permita ejecutar giros hacia la derecha, mientras que el mando de control derecho solo permitiría giros hacia la izquierda.

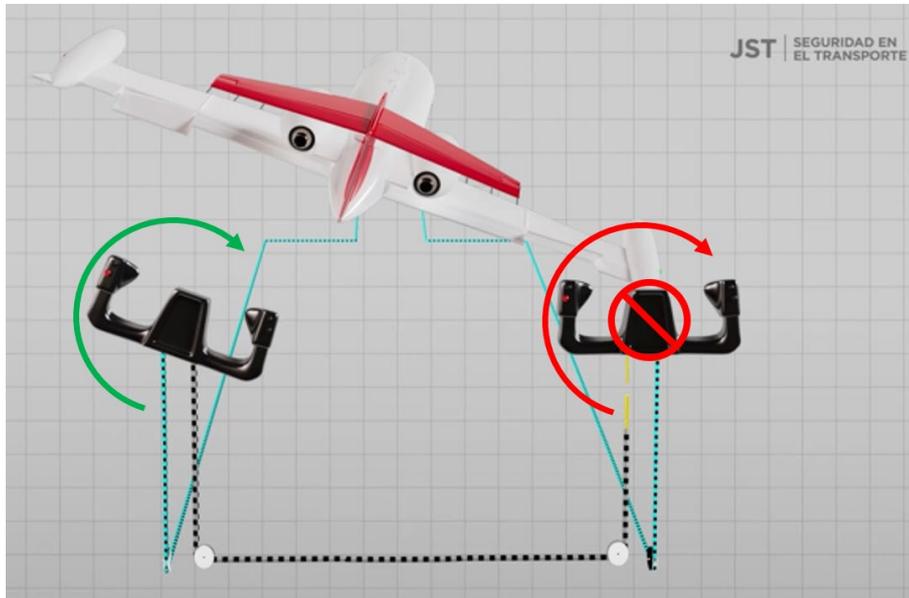


Figura 45. Consecuencias de la desconexión del cable de interconexión de alerones.

Fuente: investigación JST

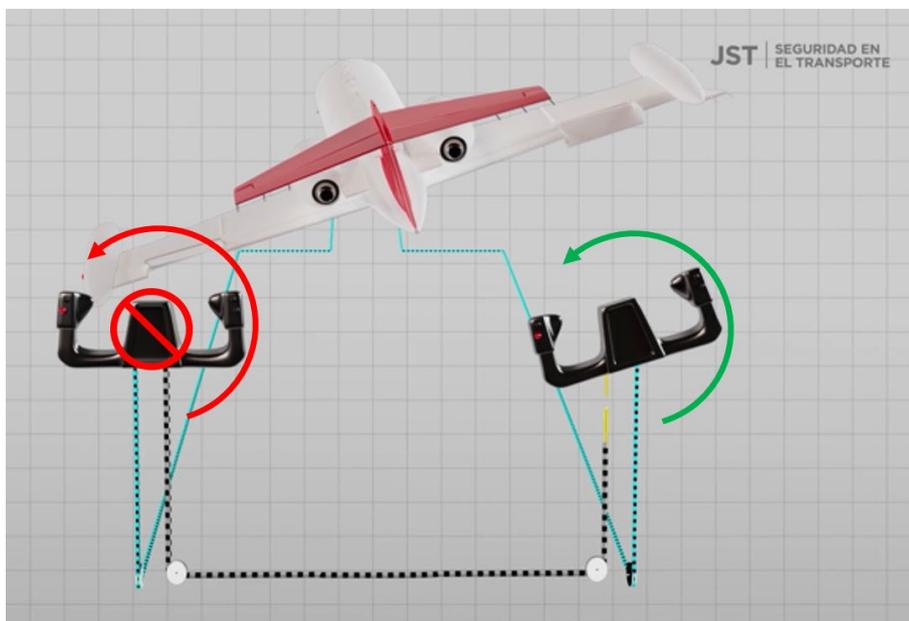


Figura 46. Consecuencias de la desconexión del cable de interconexión de alerones.

Fuente: investigación JST

Con excepción del cable de interconexión de alerones, no se halló evidencia de ninguna otra falla en los controles de vuelo que pudiera haber contribuido al suceso.

Desempeño operativo

Tras la carrera de despegue por la pista 26 y una vez en el aire, la aeronave roló hacia la izquierda, niveló por un instante y volvió a rolar en la misma dirección, comenzando a perder altura hasta impactar contra el terreno. Este segundo rolido provocó que la aeronave girara aproximadamente 90° sobre su eje longitudinal hacia la izquierda.

A partir de los audios obtenidos del CVR, se infiere que el copiloto, ubicado en el asiento derecho, inició la carrera de despegue. Tras el segundo rolido hacia la izquierda y la adopción de una actitud de vuelo anormal, el copiloto transfirió el control de la aeronave al piloto, sentado en el asiento izquierdo. Cualquier intento de rolido hacia la derecha para corregir la actitud anormal de la aeronave, realizado tras el desarrollo de una pérdida de sustentación localizada en el ala izquierda, no habría sido suficiente para evitar que la aeronave continuara inclinándose hacia la izquierda hasta impactar con el terreno.

No se registraron alarmas en la aeronave y, en ningún momento, la tripulación manifestó anomalía alguna. Además, conforme a los datos obtenidos de las DEEC de la aeronave, ambos motores estaban en funcionamiento, operando y respondiendo adecuadamente a las entradas de las palancas de potencia durante toda la carrera de despegue hasta el momento del accidente.

El escenario del suceso sugiere que el cable de interconexión de alerones se encontraba desconectado en el momento del accidente. Esta desconexión se traduciría en dificultades para mantener un vuelo recto y nivelado, ya que los movimientos de los mandos de control no producirían los efectos esperados de manera coordinada: el mando izquierdo solo permitiría giros hacia la derecha y el mando derecho, hacia la izquierda. Asimismo, esta situación aumentaría la carga de trabajo de la tripulación, quienes tendrían que compensar constantemente las respuestas asimétricas de los controles.

La respuesta desigual en los controles podría provocar movimientos bruscos e impredecibles de la aeronave, que resulten en actitudes de vuelo anormales. En una fase crítica como el despegue, esto podría dar lugar a una pérdida de control, similar a la observada en el accidente.

Procedimientos incluidos en el manual de mantenimiento

Con motivo de la investigación, se analizó el manual de mantenimiento de la aeronave, específicamente el capítulo 27 (*Flight Controls*) y las inspecciones que involucraban al cable de interconexión de alerones, incluyendo el procedimiento para su reemplazo.

Según los registros de mantenimiento de la aeronave LV-BPA, el último reemplazo de este cable se efectuó a las 13.217,5 horas totales de vuelo, el 18 de julio de 2016. El procedimiento para el reemplazo del cable no especificaba de manera explícita la remoción del *clip* de bloqueo durante el desmontaje del conjunto. Aunque esta omisión puede considerarse una deficiencia, su impacto es menor dado que la presencia del *clip* de bloqueo implica, de forma inherente, su remoción obligatoria para permitir el desarme del sistema.

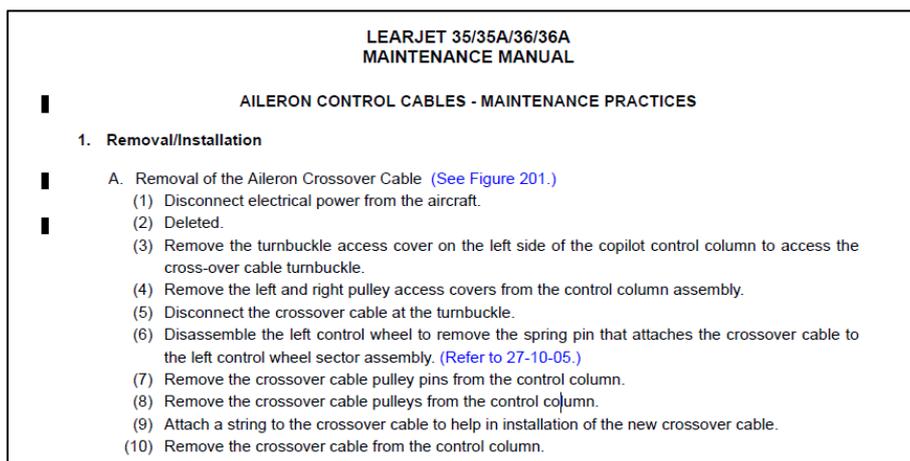


Figura 47. Remoción del cable de interconexión de alerones. Fuente: Manual de Mantenimiento de la aeronave

No obstante, el análisis reveló que tampoco se especificaba una tarea concreta para la reinstalación del *clip* de bloqueo durante el montaje del cable de interconexión. En este caso, la ausencia de esta instrucción en el Manual de Mantenimiento podría

llevar a una omisión involuntaria de la instalación del *clip* de bloqueo, lo que a lo largo del tiempo afectaría la integridad de la unión roscada.

B. Installation of the Aileron Crossover Cable (See Figure 201.)

CAUTION: MAKE SURE THAT THE CROSSOVER CABLE IS ROUTED THROUGH THE LOWER EYELET AS SHOWN IN FIGURE 201. IF REQUIRED, USE A BORESCOPE TO DO THIS.

- (1) Attach the new crossover cable to the string.
- (2) Route the crossover cable through the control column.
- (3) Install the crossover cable pulleys on the control column.
- (4) Install the crossover cable pulley pins on the control column.
- (5) Remove the string from the crossover cable.
- (6) Install the crossover cable onto the control wheel sector assembly with the spring pin. (Refer to 27-10-05.)
- (7) Connect the crossover cable to the right aileron control cable.
- (8) Assemble the left control wheel. (Refer to 27-10-05.)
- (9) Restore tension to the aileron cables and do the rigging of the aileron control system as necessary. (Refer to 27-10-00.)

NOTE: The crossover cable tension must be adjusted to the same tension as the left and right aileron cables.

Make sure that the left control wheel switches are operational.

- (10) Install the left and right pulley access covers at the control column assembly.
- (11) Install the turnbuckle access cover on the left side of the copilot control column.
- (12) Connect electrical power to the aircraft.
- (13) Restore the aircraft to normal.

Figura 48. Instalación del cable de interconexión de alerones. Fuente: Manual de Mantenimiento de la aeronave

Esta ausencia de instrucciones se detectó en otros procedimientos del Manual de Mantenimiento, los cuales, al igual que el reemplazo del cable de interconexión de alerones, involucraban tareas relacionadas con dicho cable.

Es relevante mencionar que, como parte de la inspección cumplida el 28 de febrero de 2020 a las 13.695,7 horas totales de vuelo, se verificaron las tensiones de los cables del sistema de control de alerones, timón y elevador, así como la correcta sincronización de los mandos (IRN: H27100032). Durante esta inspección, fue necesario retirar los *clips* de bloqueo para ajustar la tensión de los tensores. Sin embargo, al igual que en el procedimiento para el reemplazo del cable de interconexión de alerones, no existía una instrucción clara sobre la reinstalación de estos *clips* en el Manual de Mantenimiento.

La última inspección realizada a la aeronave que involucraba el cable de interconexión de alerones (IRN: P2710045) se cumplió el 30 de noviembre de 2021, a las 13.897 horas totales de vuelo. No obstante, es importante destacar que el propósito de esta inspección es verificar la presencia de cables deshilachados o

dañados, lo que incluye únicamente la remoción la cubierta del tensor del cable de interconexión. Por lo tanto, la correcta instalación del clip de bloqueo podría pasar inadvertida.

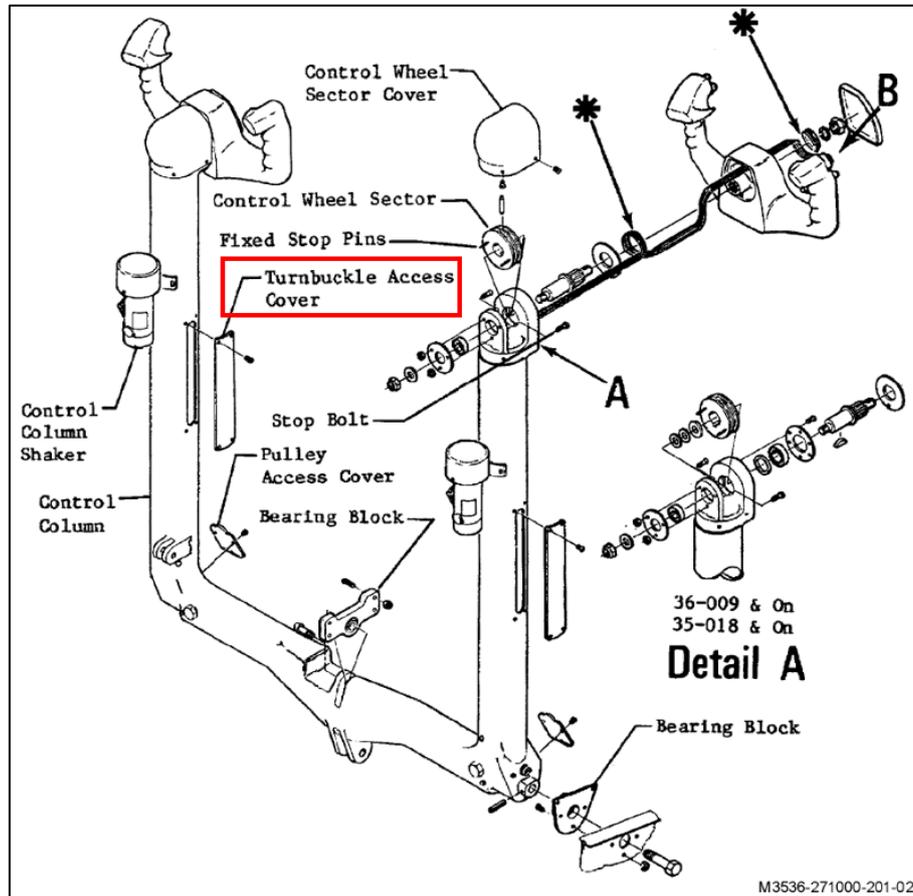


Figura 49. Remoción de la cubierta del tensor del cable de interconexión de alerones.

Fuente: Manual de Mantenimiento de la aeronave

2.3 Aspectos institucionales

Air Delta S.R.L disponía de los alcances necesarios para llevar a cabo las inspecciones y el mantenimiento de la aeronave LV-BPA. La estructura organizativa del taller, detallada en el Manual del Taller, establecía responsabilidades claras para cada integrante del equipo. Además, el personal poseía las habilitaciones correspondientes y formación en áreas como la gestión de la seguridad operacional. Sin embargo, con motivo de la investigación resulta esencial analizar si la supervisión ejercida por el TAR fue suficiente para garantizar el cumplimiento efectivo de los procedimientos de mantenimiento.

El sistema de calidad en una organización de mantenimiento aeronáutico es fundamental para asegurar que todos los procesos se realicen de acuerdo con las regulaciones y estándares establecidos. Un sistema de calidad robusto incluye procedimientos documentados, auditorías internas, capacitación continua y un enfoque en la mejora constante. La efectividad de este sistema influye directamente en la seguridad operacional de las aeronaves.

El TAR contaba con un sistema de calidad detallado en su Manual de Control de Calidad. Según este Manual, la operación del TAR se realizaba en un único turno de trabajo, y todas las acciones de mantenimiento se cerraban al final de la jornada laboral por parte de los mecánicos. Cada etapa de la secuencia de mantenimiento era finalizada por el mecánico asignado y luego sometida a la inspección de un inspector designado antes de proceder a la siguiente etapa.

Si bien no es posible establecer con precisión en qué momento se habría omitido la instalación del *clip* de bloqueo, se analizaron las inspecciones relacionadas con el cable de interconexión de alerones durante la investigación. Los registros obtenidos muestran que todas estas inspecciones estaban debidamente documentadas y finalizadas con el sello o la firma tanto del mecánico responsable de la ejecución del mantenimiento como del inspector encargado de la verificación posterior.

La correcta fijación de un tensor es un aspecto fundamental dentro de las prácticas habituales de mantenimiento. En ese sentido, la inferencia de que la desconexión del cable de interconexión de alerones ocurrió debido a la falta del *clip* de bloqueo sugiere deficiencias en el trayecto formativo del personal relacionado con el mantenimiento de la aeronave. No obstante, conforme a la documentación recopilada durante la investigación, todo el personal estaba habilitado y capacitado para las tareas que desempeñaba.

De igual forma, es factible señalar deficiencias en la supervisión de dichas tareas. Una posible falta de supervisión o un control riguroso en las prácticas de mantenimiento podría haber facilitado omisiones que contribuyeron al accidente.

Tanto la formación del personal técnico como las estrategias de supervisión son factores clave en la cultura de seguridad de una organización, ya que influyen

directamente en la correcta ejecución de los procedimientos establecidos. Una formación adecuada, combinada con una supervisión efectiva, no solo asegura el cumplimiento de las prácticas requeridas, sino que también permite identificar y mitigar los riesgos asociados a posibles desviaciones en tareas de mantenimiento. En este sentido, resulta fundamental adoptar un enfoque proactivo que promueva la comprensión de los riesgos derivados, por ejemplo, de la posible omisión de pasos, especialmente en sistemas críticos como los controles de vuelo de una aeronave, a fin de prevenir la normalización de desviaciones en los procedimientos operacionales.

Es importante destacar que el TAR Air Delta S.R.L. cerró en 2023. No obstante, este análisis resalta la necesidad de reflexionar sobre la importancia de asegurar que las organizaciones de mantenimiento aeronáutico implementen prácticas adecuadas de formación y supervisión. Esto es esencial para fortalecer la cultura de seguridad operacional y minimizar los riesgos asociados con el mantenimiento de aeronaves.

3. CONCLUSIONES

3.1 Conclusiones referidas a factores relacionados con el accidente

- Durante el ascenso inmediatamente posterior al despegue, la aeronave realizó un rolido hacia la izquierda, niveló momentáneamente y luego roló nuevamente hacia el mismo lado
- El segundo rolido provocó una inclinación excesiva que generó una pérdida localizada de sustentación en el ala izquierda, lo que resultó en la pérdida de altura hasta el impacto contra el terreno
- La información obtenida en el marco de la investigación sugiere que el cable de interconexión de alerones se encontraba desconectado en el momento del accidente
- La desconexión del cable de interconexión de alerones resulta en la pérdida de sincronización entre los mandos de control izquierdo (piloto) y derecho (copiloto), permitiendo únicamente giros hacia la derecha desde el mando izquierdo y giros hacia la izquierda desde el mando derecho
- Esta desconexión probablemente generó respuestas asimétricas en los mandos de control, dificultando el control de la aeronave y contribuyendo a la pérdida de control
- Los diálogos en cabina sugieren que el copiloto, ubicado a la derecha, inició la carrera de despegue, y tras la segunda inclinación hacia la izquierda, transfirió el control al piloto, ubicado en el asiento izquierdo
- A baja altitud, el intento de corregir la inclinación del ala izquierda, una vez en condición de pérdida de sustentación, resulta ineficaz
- Según los registros de mantenimiento de la aeronave LV-BPA, el último reemplazo del cable de interconexión de alerones se completó a las 13.217,5 horas totales de vuelo, el 18 de julio de 2016

- El procedimiento para el reemplazo del cable de interconexión de alerones no establecía de manera inequívoca el retiro e instalación de los clips de bloqueo
- El procedimiento para verificar las tensiones de los cables del sistema de alerones, completado el 28 de febrero de 2020 a las 13.695,7 horas de vuelo, no establecía de manera inequívoca la instalación de los clips de bloqueo
- Es razonable inferir que la desconexión del cable ocurrió debido a la ausencia de los clips de bloqueo, lo que habría permitido el desenroscado gradual del tensor bajo las cargas dinámicas producto de la sucesión de vuelos
- La inferencia de que la desconexión del cable ocurrió debido a la ausencia del clip de bloqueo sugiere deficiencias en el trayecto formativo del personal involucrado en la inspección de la aeronave, así como en la supervisión de las tareas de mantenimiento por parte del TAR
- No se encontró evidencia de fallas en otros componentes de los controles de vuelo que pudieran haber contribuido al accidente

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:

- Se constató la ausencia de instrucciones para el retiro y colocación de los clips de bloqueo en otros procedimientos del Manual de Mantenimiento de la aeronave

4. RECOMENDACIONES SOBRE SEGURIDAD OPERACIONAL

4.1 A Bombardier Inc.

El 7 de diciembre de 2023, a través de un Informe Anticipado, la JST emitió la siguiente RSOA dirigida a Bombardier Inc.:

RSO AE-2027-23

Los manuales de mantenimiento de las aeronaves deben proporcionar instrucciones precisas sobre qué tarea realizar y cuándo llevarlas a cabo. En función a los hallazgos realizados con motivo de la investigación del accidente del LV-BPA, y la falta de claridad en las instrucciones relacionadas con el retiro y colocación de los clips de bloqueo durante el procedimiento de cambio del cable de interconexión de alerones, se recomienda:

- Modificar el manual de mantenimiento de la aeronave para que incluya de manera clara e inequívoca las instrucciones de retiro y colocación de los clips de bloqueo sobre los tensores del cable de interconexión de comandos de alerón durante las inspecciones correspondientes.

Respuesta de Bombardier Inc.

El 17 de abril de 2024, *Bombardier Inc.* respondió a la RSO AE-2027-23, informando que se había iniciado un proceso de revisión del Manual de Mantenimiento de la aeronave. En su respuesta, la empresa manifestó su compromiso de implementar las modificaciones necesarias en los procedimientos de inspección y mantenimiento, con el fin de mejorar la claridad de las instrucciones relacionadas con los *clips* de bloqueo de los tensores de los cables de interconexión de alerones.

Bombardier incluyó estas modificaciones en la actualización del Manual de Mantenimiento realizado en agosto del 2024. A continuación, se incluye la modificación realizada por la empresa al procedimiento de reemplazo del cable de interconexión de alerones.

**LEARJET 35/35A/36/36A
MAINTENANCE MANUAL**

AILERON CONTROL CABLES - MAINTENANCE PRACTICES

1. Removal/Installation

A. Removal of the Aileron Crossover Cable (See Figure 201.)

- (1) Disconnect electrical power from the aircraft.
- (2) Remove the turnbuckle access cover on the left side of the copilot control column to access the cross-over cable turnbuckle.
- (3) Remove the left and right pulley access covers from the control column assembly.
- (4) Disconnect the crossover cable at the turnbuckle.
- (5) Disassemble the left control wheel to remove the spring pin that attaches the crossover cable to the left control wheel sector assembly. (Refer to 27-10-05.)
- (6) Remove the crossover cable pulley pins from the control column.
- (7) Remove the crossover cable pulleys from the control column.
- (8) Attach a string to the crossover cable to help in installation of the new crossover cable.
- (9) Remove the crossover cable from the control column.

B. Installation of the Aileron Crossover Cable (See Figure 201.)

CAUTION: MAKE SURE THAT THE CROSSOVER CABLE IS ROUTED THROUGH THE LOWER EYELET AS SHOWN IN FIGURE 201. IF REQUIRED, USE A BORESCOPE TO DO THIS.

- (1) Attach the new crossover cable to the string.
- (2) Route the crossover cable through the control column.
- (3) Install the crossover cable pulleys on the control column.
- (4) Install the crossover cable pulley pins on the control column.
- (5) Remove the string from the crossover cable.
- (6) Install the crossover cable onto the control wheel sector assembly with the spring pin. (Refer to 27-10-05.)
- (7) Connect the crossover cable to the right aileron control cable.
- (8) Assemble the left control wheel. (Refer to 27-10-05.)
- (9) Restore tension to the aileron cables and do the rigging of the aileron control system as necessary. (Refer to 27-10-00.)

NOTE: The crossover cable tension must be adjusted to the same tension as the left and right aileron cables.

Make sure that the left control wheel switches are operational.

- (10) Install the left and right pulley access covers at the control column assembly.
- (11) Make sure that turnbuckle locking clips are installed to aileron turnbuckles.
- (12) Install the turnbuckle access cover on the left side of the copilot control column.
- (13) Connect electrical power to the aircraft.
- (14) Restore the aircraft to normal.

Figura 50. Modificación realizada al procedimiento para el reemplazo del cable de interconexión de alerones. Fuente: *Bombardier Inc.*

Es relevante señalar que las modificaciones implementadas por *Bombardier* al Manual de Mantenimiento también afectaron otros procedimientos relacionados con los cables del sistema de control de alerones, timón y elevador. Entre estos procedimientos se incluye el relativo a la verificación de las tensiones como parte de la Fase C del Programa de Inspección de la aeronave.



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

Hoja Adicional de Firmas
Informe gráfico

Número:

Referencia: LV-BPA - Informe de Seguridad Operacional

El documento fue importado por el sistema GEDO con un total de 68 pagina/s.