

# INFORME DE SEGURIDAD OPERACIONAL

Expediente: EX-2020-68704744- -APN-DNISAE#JST

Suceso: Accidente

Título: Fallo o malfuncionamiento de sistema/componente (no del grupo motor).  
Państwowe Zakłady Lotnicze 106-BT-601, matrícula LV-BDY, Suipacha, provincia de  
Buenos Aires

Fecha y hora del suceso: 8 de octubre de 2020 a las 11:30 (UTC)

Dirección Nacional de Investigación de Sucesos Aeronáuticos

## **Junta de Seguridad en el Transporte**

Florida 361

Argentina, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, C1005AAG

(54+11) 4382-8890/91

info@jst.gob.ar

Publicado por la JST. En caso de utilizar este material de forma total o parcial se sugiere citar según el siguiente formato: Aviación. Accidente. LV-BDY. Suipacha, provincia de Buenos Aires. Fuente: Junta de Seguridad en el Transporte, 2024.

El presente informe se encuentra disponible en [www.argentina.gob.ar/jst](http://www.argentina.gob.ar/jst)

## ÍNDICE

<b>SOBRE LA JST .....</b>	<b>5</b>
<b>SOBRE EL MODELO SISTÉMICO DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>6</b>
<b>LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS .....</b>	<b>8</b>
<b>SINOPSIS .....</b>	<b>9</b>
<b>1. INFORMACIÓN SOBRE LOS HECHOS .....</b>	<b>10</b>
1.1 Reseña del vuelo .....	10
1.2 Lesiones a personas .....	10
1.3 Daños en la aeronave .....	10
1.4 Otros daños .....	12
1.5 Información sobre el personal .....	12
1.6 Información sobre la aeronave .....	13
1.7 Información meteorológica .....	17
1.8 Ayudas a la navegación .....	18
1.9 Comunicaciones .....	18
1.10 Información sobre el lugar del suceso .....	18
1.11 Registradores de vuelo .....	19
1.12 Información sobre los restos de la aeronave y el impacto .....	19
1.13 Información médica y patológica .....	19
1.14 Incendio .....	19
1.15 Supervivencia .....	20

1.16	Ensayos e investigaciones .....	20
1.17	Información orgánica y de dirección.....	26
1.18	Información adicional.....	26
1.19	Técnicas de investigaciones útiles o eficaces .....	26
2.	ANÁLISIS.....	27
2.1	Introducción.....	27
2.2	Aspectos técnicos-operativos.....	27
3.	CONCLUSIONES.....	30
3.1	Conclusiones referidas a factores relacionados con el accidente .....	30
4.	RECOMENDACIONES SOBRE SEGURIDAD OPERACIONAL.....	31
4.1	Al fabricante de la aeronave <i>Airbus Poland S.A.</i> .....	31

## SOBRE LA JST

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

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

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

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

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

## **SOBRE EL MODELO SISTÉMICO DE INVESTIGACIÓN**

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

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

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

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

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

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

## LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS<sup>1</sup>

ADV: Advertencia

ANAC: Administración Nacional de Aviación Civil

ASTM: *American Society for Testing and Materials*

CA: Circular de Asesoramiento

CETA: Certificado de Explotación de Trabajo Aéreo

DURG: Desde la última recorrida general

FADEA: Fábrica Argentina de Aviones

INTI: Instituto Nacional de Tecnología Industrial

JST: Junta de Seguridad en el Transporte

LAD: Lugar apto denunciado

MMA: Manual de mantenimiento de la aeronave

OACI: Organización de Aviación Civil Internacional

PISO: Proyecto de Informe de Seguridad Operacional

P/N: Número de parte

PZL: *Państwowe Zakłady Lotnicze*

RSO: Recomendación de Seguridad Operacional

S.A.: Sociedad Anónima

SCAAI: *State Commission of Aircraft Accident Investigation*

SMN: Servicio Meteorológico Nacional

S/N: Número de serie

UTC: Tiempo Universal Coordinado

---

<sup>1</sup> 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-BDY, un PZL 106-BT-601, en Suipacha (provincia de Buenos Aires), el 8 de octubre de 2020 a las 11:30 horas<sup>2</sup>, durante un vuelo de trabajo aéreo.

El informe presenta cuestiones de seguridad operacional relacionadas con la mecánica de falla de los herrajes de sujeción del estabilizador vertical y con los procedimientos de inspección de estos.

El informe incluye una recomendación de seguridad operacional dirigida al fabricante de la aeronave *Airbus Poland S.A.*



Figura 1. Posición final de la aeronave. Fuente: investigación JST

---

<sup>2</sup> 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 8 de octubre de 2020 la aeronave matrícula LV-BDY, un PZL 106-BT-601, despegó desde el lugar apto denunciado Agroayres (LAD 5120) (Moquehuá, provincia de Buenos Aires) para realizar un vuelo de trabajo aéreo agrícola en un campo en el partido de Suipacha (provincia de Buenos Aires).

Luego de una hora de vuelo, aproximadamente a las 11:30 horas, durante un viraje hacia la izquierda para alinearse con la trayectoria de la melga<sup>3</sup> de rociado, se produjo la pérdida de control de la aeronave debido a la falla en uno de los herrajes de sujeción del estabilizador vertical. Ante esta falla, el piloto perdió el control direccional de la aeronave, que quedó con una guiñada continua hacia la izquierda, y realizó un aterrizaje de emergencia en un campo no preparado.

El accidente ocurrió de día y en condiciones de buena visibilidad.

## 1.2 Lesiones a personas

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

Tabla 1

## 1.3 Daños en la aeronave

### 1.3.1 Célula

Daños de importancia en fuselaje, en puntera del ala derecha, en el tren de aterrizaje principal, y en los herrajes de sujeción del estabilizador vertical. En la figura 4 se puede observar el área

---

<sup>3</sup> Franja de terreno, generalmente de forma rectangular.

donde el herraje izquierdo presentó una fisura; y donde el herraje derecho presentó una fractura.



Figura 2. Vista de tren de aterrizaje principal derecho y puntera de ala derecha. Fuente: investigación JST



Figura 3. Daños en fuselaje. Fuente: investigación JST

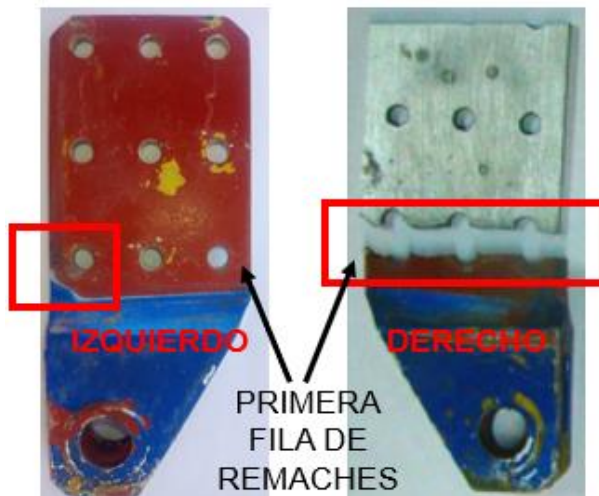


Figura 4. Identificación de áreas de falla en ambos herrajes. Fuente: investigación JST

### 1.3.2 Motor

Sin daños.

### 1.3.3 Hélice

Sin daños.

### 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	43 años
Nacionalidad	Argentino
Licencias	Piloto aeroaplicador de avión
Habilitaciones	Monomotores terrestres
Certificación médica aeronáutica	Clase 1
	Válida hasta el 31/06/2021

Tabla 2

Su experiencia era la siguiente:

Horas de vuelo	General	En el tipo
Total general	2.344,3	304,0
Últimos 90 días	26,0	26,0
Últimas 24 horas	1,0	1,0
En el día del suceso	1,0	1,0

Tabla 3

### 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.

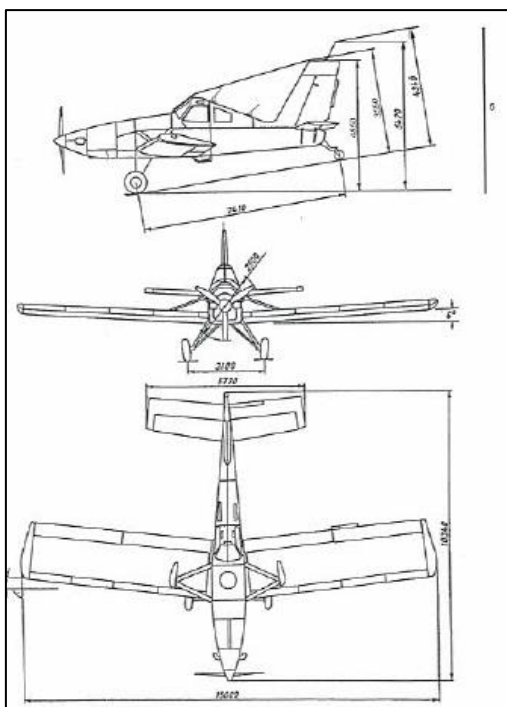


Figura 5. Perfil de la aeronave. Fuente: manual de vuelo de la aeronave

Aeronave	
Marca	<i>Państwowe Zakłady Lotnicze (PZL)</i>
Modelo	106-BT-601
Categoría	Avión
Año de fabricación	2006
Número de serie	11050270
Peso máximo de despegue	3.500,0 kg
Peso máximo de aterrizaje	3.000,0 kg
Peso vacío	1.788,0 kg



Fecha del último peso y balanceo		03/11/2015
Horas totales		1.654,3
Horas desde la última recorrida general		Sin datos
Horas desde la última inspección		1,0
Certificado de matrícula	Propietario	Agroayres S.A.
	Fecha de expedición	25/07/2012
Certificado de aeronavegabilidad	Clasificación	Especial
	Categoría	Restringido
	Fecha de emisión	13/11/2011
	Fecha de vencimiento	Sin vencimiento

Tabla 4

Motor	
Marca	<i>General Electric</i>
Modelo	M-601-D1
Número de serie	892013
Horas totales	4.379,3
Horas desde la última recorrida general	865,2
Horas desde la última intervención	1,0
Ciclos totales	Sin datos
Ciclos desde la última recorrida	658
Habilitación	Hasta 1.500 horas DURG <sup>4</sup> o hasta el 18/03/2021

Tabla 5

Hélice	
Marca	<i>Avia Propeller Ltda.</i>
Modelo	V508 D-AG/106/A
Número de serie	120663281
Horas totales	865,2
Horas desde la última recorrida general	865,2
Horas desde la última intervención	1,0
Habilitación	Hasta 2.000 horas DURG o el 23/08/2021

Tabla 6

El estabilizador vertical era el número de parte: 906.33.000.00-0, número de serie: 047. Los herrajes estaban instalados a la estructura completa del estabilizador vertical mediante nueve

---

<sup>4</sup> Desde última recorrida general.

remaches y ensamblado a la aeronave mediante bulones desde la zona inferior de los herrajes.



Figura 6. Placa identificatoria del empenaje. Fuente: investigación JST



Figura 7. Ubicación de herrajes en estabilizador vertical. Fuente: investigación JST

El peso y el balanceo de la aeronave, al momento del accidente, se encontraban dentro de la envolvente de vuelo indicada en el manual de vuelo.

En el manual de mantenimiento de la aeronave (MMA), se detallan los ítems de inspección rutinarios (dentro del paquete de inspecciones que se realizan cada 100 horas), que incluyen

inspeccionar la condición general, juego en las sujeciones, fisuras u otras anomalías en el conjunto de cola y la parte trasera del fuselaje. Sin embargo, entre estas inspecciones no existe un ítem específico que establezca la inspección de cada herraje del estabilizador.

(17) EMPENNAGE AND THE REAR OF THE FUSELAGE:	
1 Skin - check skin of stabilizer, fin, elevator and rudder for defects and loose or missing rivets; check condition of fabric skin and of the threads.	16.2/1, 16.2/2, 16.2/15, 16.2/16;
2 Ferrules of fixing stabilizer and fin, struts and levers of the control system - check for general condition, smooth movement of the elevator and rudder, and hinges and brackets for corrosion and cracks, correct fixing and securing; check clearance of hinges and bolts.	from 16.2/3 to 16.2/10;
3 Balance and trim tabs of rudder - check condition and fixing.	16.2/9;
4 Trim tab of elevator - check condition and fixing.	16.2/12
5 Bolts fixing fin, stabilizer, rudder and elevator - check torque moment and securing.	16.2/13;
6 Spar of stabilizer - check the area of spar ferrule.	16.2/14;
7 Inner structure of the rear of fuselage - check for cracks and deformation; check truss members and reinforcements of fixing the fin, stabilizer and tail wheel.	
8 Control cables, rollers and guides - check condition of, fixing, alignment, clearances, tension of cables and correctness of functioning.	
9 Electric equipment and wiring - check condition of and fixing.	
10 Antennas - check condition of, fixing and securing.	

Figura 8. Extracto del paquete de inspecciones de 100 horas. Fuente: manual de mantenimiento de la aeronave

Además, existe un límite de vida para la estructura de la aeronave de 6.000 horas de vuelo, como se muestra en la siguiente figura.

PZL-106BT-601 MAINTENANCE MANUAL	
<b>0. AIRWORTHINESS LIMITATIONS</b>	
This chapter constitutes the obligatory limits of time of operation of the airplane assemblies and parts, in accordance with the requirements of FAR 43.16 and 91.403.	
This chapter is approved by the GICA CAIB.	
<b>0.1. LIMITATIONS DUE</b>	
1) Airplane structure	- 6000 flight hours
2) Main landing gear	- 34000 landings
3) Engine M601D-1	
Airworthiness limitations are given in Engine Maintenance Manual, Manual Part No. 0982309, chapter AIRWORTHINESS LIMITATIONS.	

Figura 9. Limitaciones de aeronavegabilidad. Fuente: manual de mantenimiento de la aeronave

Con motivo de la investigación, se solicitó el legajo de mantenimiento de la aeronave a la Administración Nacional de Aviación Civil (ANAC) para identificar inspecciones en la zona del



empenaje de cola o reemplazo de los herrajes. No obstante, en la documentación recibida no se hallaron registros de trabajos realizados o reemplazos de esos componentes.

Se observó que la aeronave estuvo inactiva desde el 13 de noviembre del 2011 al 10 de marzo de 2015. De acuerdo con el Formulario 337 de marzo de 2015, se realizaron varias inspecciones para su vuelta al servicio, incluido el cumplimiento de la Circular de Asesoramiento (CA) 43-55 por tiempo prolongado de inactividad. Tras estas inspecciones, la aeronave fue liberada en condiciones de aeronavegabilidad y continuó en servicio hasta el día del accidente.

Al momento del accidente, la aeronave acumulaba un total de 1.654,3 horas de vuelo. El último mantenimiento realizado -previo al accidente- fue el 5 de octubre de 2020, a las 1.653,3 horas, donde se efectuó una inspección de 100 horas a la aeronave y una inspección de 300 horas al motor y la hélice.

Dentro de los registros enviados por ANAC no se encontró ningún reemplazo del estabilizador horizontal.

### 1.7 Información meteorológica

Los siguientes datos fueron provistos por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), fueron obtenidos de los registros horarios de las estaciones meteorológicas Ezeiza y Junín interpolados a la hora y lugar del suceso.

Información meteorológica	
Viento	050°/05 nudos
Visibilidad	10 kilómetros
Fenómenos significativos	Ninguno
Nubosidad	3/8 CS <sup>5</sup> 6.000 metros
Temperatura	12,5 °C
Temperatura punto de rocío	7,5 °C
Presión a nivel medio del mar	1.017,7 hPa
Humedad relativa	72 %

Tabla 7

---

<sup>5</sup> Cirrostratus.

### 1.8 Ayudas a la navegación

No aplica.

### 1.9 Comunicaciones

No aplica.

### 1.10 Información sobre el lugar del suceso

La información sobre el lugar del suceso se presentará resumida en la siguiente tabla.

Lugar del suceso	
Ubicación	Zona rural de Suipacha, provincia de Buenos Aires
Coordenadas	34° 50' 37" S – 059° 44' 49" W
Superficie	Campo sembrado con trigo
Elevación	164 pies

Tabla 8



Figura 10. Lugar del suceso. Fuente: investigación JST

### 1.11 Registradores de vuelo

No aplica.

### 1.12 Información sobre los restos de la aeronave y el impacto

La aeronave realizó una aproximación y aterrizaje con control de sus ejes transversal (cabeceo) y longitudinal (alabeo) pero mantuvo una guiñada constante hacia la izquierda respecto al sentido de avance, sin control de su eje vertical (guiñada). Previo al contacto, el piloto detuvo el motor. Desde el punto de contacto inicial hasta su posición final, la aeronave recorrió 58 metros y se detuvo con rumbo 180°. No hubo dispersión de restos.

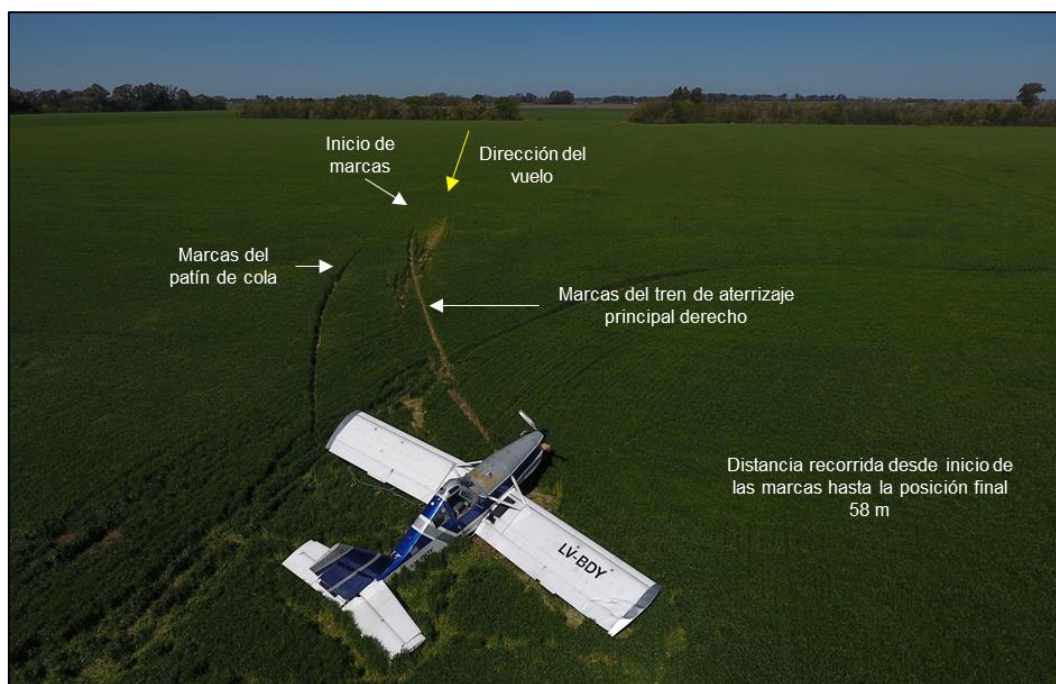


Figura 11. Trayectoria de la aeronave. Fuente: investigación JST.

### 1.13 Información médica y patológica

No se detectó evidencia médico-patológica del piloto relacionada con el accidente.

### 1.14 Incendio

No hubo.

## 1.15 Supervivencia

El piloto abandonó la aeronave por sus propios medios y resultó sin lesiones. La cabina no sufrió deformaciones. Los cinturones de seguridad, arneses y anclajes del asiento del piloto soportaron los esfuerzos a los que fueron sometidos.

## 1.16 Ensayos e investigaciones

El suceso fue notificado el 10 de octubre de 2020, dos días después del accidente.

Con motivo de la investigación, se realizó una entrevista al piloto, quien comentó que, finalizando la jornada de trabajo de aeroaplicación en un lote, durante una maniobra de viraje sintió un ruido metálico proveniente desde el conjunto de cola. Tras esto, la aeronave se desvió de la trayectoria deseada y viró a la izquierda. Intentó corregir la actitud anormal con la aplicación de los pedales y volvió a sentir otro ruido proveniente de la misma zona, pero de mayor intensidad que el anterior. Ante la imposibilidad de corregir el viraje indeseado de la aeronave, decidió realizar un aterrizaje de emergencia.

Durante la inspección visual de la aeronave se observó que el herraje de sujeción derecho del estabilizador vertical se encontraba fracturado. Este fue retirado de la aeronave para ser analizado en el laboratorio de la Fábrica Argentina de Aviones (FAdeA S.A.).

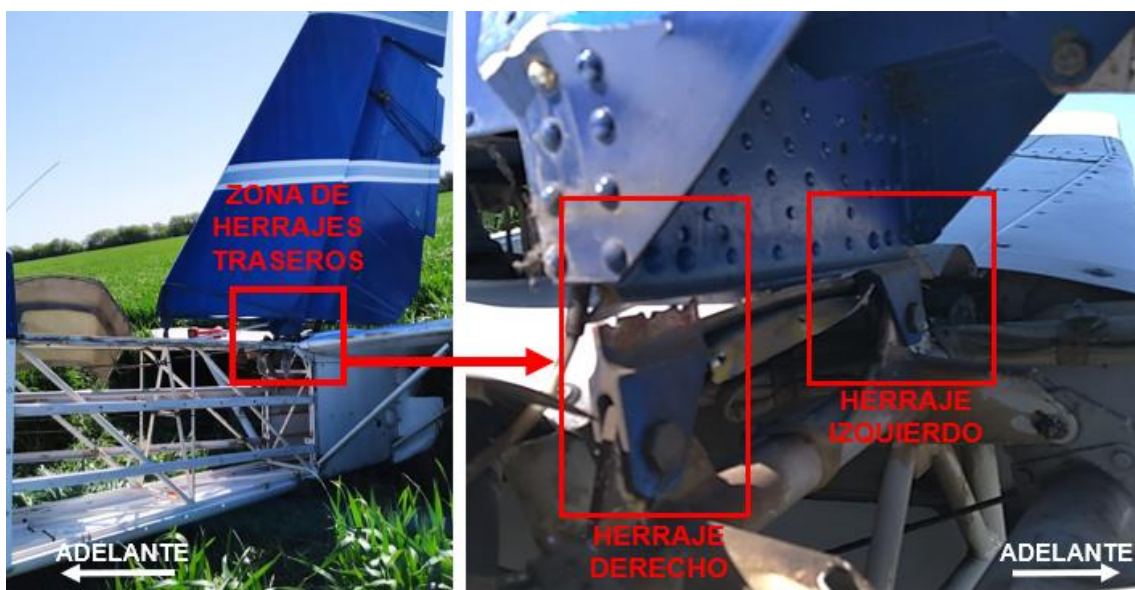


Figura 12. Zona de herrajes traseros. Fuente: investigación JST



Se realizaron ensayos físico-químicos (incluyendo análisis químico, dureza y examen metalográfico), evaluación macrográfica y análisis fractográfico sobre el cuerpo del herraje del estabilizador vertical, a fines de reconocer fracturas o deformaciones.

Conforme a los resultados de los ensayos se realizó el Proyecto de Informe de Seguridad Operacional (PISO) que fue enviado a la Autoridad de Investigación de Accidentes de Polonia (Estado de fabricación de la aeronave) y a *Airbus Poland S.A.* (fabricante de la aeronave).

En respuesta, el fabricante de la aeronave realizó comentarios respecto a la composición química y a la dureza del material ensayado, como así también sugirió el ensayo del herraje de sujeción izquierdo del estabilizador.

Por este motivo, se enviaron ambos herrajes al Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) para su análisis.



Figura 13. Identificación y posiciones de los herrajes. Fuente: investigación JST

#### *Fractografía macroscópica - herraje derecho*

La cara de fractura del herraje derecho mostraba fisuras que avanzaron por fatiga antes de la fractura final. En la figura 14, se indican los inicios de estas fisuras con flechas rojas “grandes” y su dirección de crecimiento con flechas rojas “pequeñas”. También se indican de forma aproximada las fracturas finales, marcadas dentro de los óvalos de color amarillo.

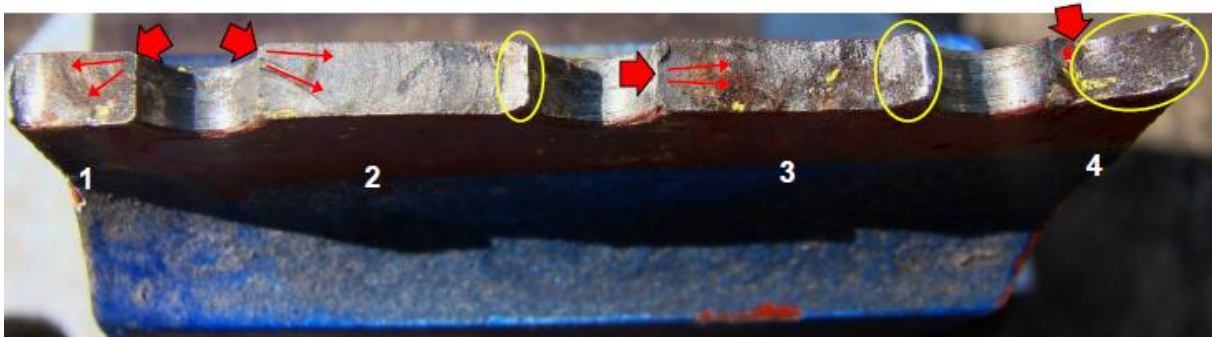


Figura 14. Cara de fractura del herraje derecho. Fuente: investigación JST

Puede observarse que las fisuras en las posiciones 1 y 2 comenzaron en los bordes de los agujeros destinados a los remaches, mientras que la fisura en la posición 3 se originó en el centro del agujero central, y la fisura en la posición 4 se inició sobre una cara del herraje.

En función de la cercanía de las marcas, la textura y el aspecto general, se observó que la fisura en la posición 1 creció más lento (requirió mayor cantidad de ciclos para el mismo avance) que la fisura en la posición 2, y ésta última creció más lento que la ubicada en la posición 3. También se observó que la relación entre el área de avance por fatiga y el área de la fractura final varía entre las distintas posiciones.

Por otro lado, el mayor avance de la oxidación sobre la fisura en la posición 1 sugiere que esta es la más antigua. A partir de la observación de la pieza, resulta poco probable que haya estado expuesta a agentes mucho más agresivos que la fisura en la posición 2, por ejemplo.

Evaluando la sección de falla en su conjunto, en lugar de observar cada posición individualmente, se observa que la suma de las áreas de las fracturas es pequeña en comparación con la suma de las áreas de avance por fatiga. Esto sugiere que la carga nominal de trabajo sobre la pieza no habría sido particularmente elevada.

En la figura 15 se muestra que el avance en la posición 1 fue prácticamente plano, pero que en las demás existe -a la derecha de cada posición- una desviación del plano horizontal que se hace cada vez más pronunciada a medida que se avanza hacia la fractura final (posición 4). Este cambio de dirección fue el resultado del tipo de sollicitación que soportaron las secciones remanentes antes de la fractura final (tracción-desgarro), combinado con una cierta ductilidad intrínseca de la pieza y un espesor relativamente bajo de la sección de falla.

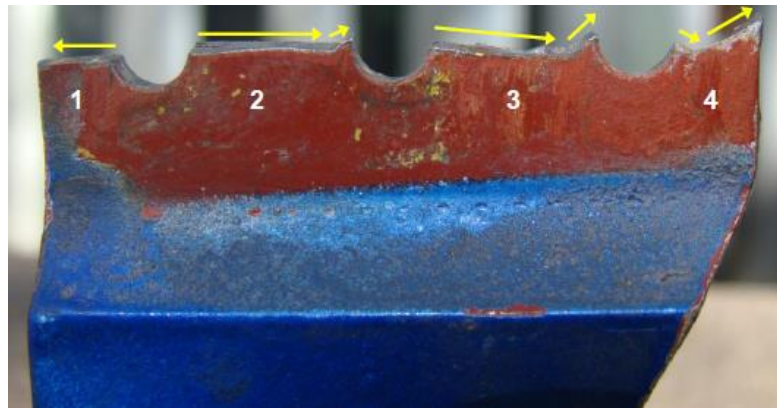


Figura 15. Cara de fractura del herraje derecho. Fuente: investigación JST

Durante la observación de las caras de fractura bajo una lupa de hasta 80 aumentos, no se encontraron iniciadores como cavidades de corrosión, golpes o discontinuidades, que pudieran haber contribuido a las fisuras por fatiga.

Por último, se destacan pequeños restos de pintura de color amarillo en las caras de fractura del herraje derecho (figura 14). Estos restos permanecieron incluso después de limpiar las caras de fractura con un cepillo plástico y realizar una limpieza general de la pieza por ultrasonido en acetona. No se encontró una explicación clara para su presencia.

#### *Fractografía macroscópica - herraje izquierdo*

El herraje izquierdo presentaba una fisura (posición 1) que avanzó casi perpendicularmente a la superficie de la pieza, como se observa en la siguiente figura.

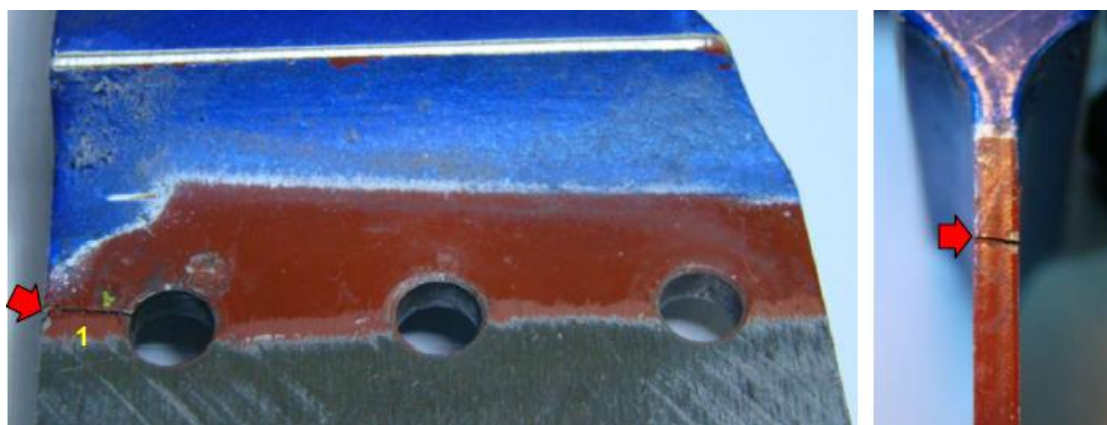


Figura 16. Fisura en el herraje izquierdo. Fuente: investigación JST

El lugar de inicio de la fisura (indicado con una flecha roja en las figuras 16 y 17) se encontró en una ubicación similar al de la fisura de la posición 1 en el herraje derecho: en el interior de

un agujero para un remache y en una de las caras del herraje. El avance de la fisura (representado con flechas amarillas en la figura 17) abarca la mayor parte de la sección, con una fractura final de pequeñas dimensiones.

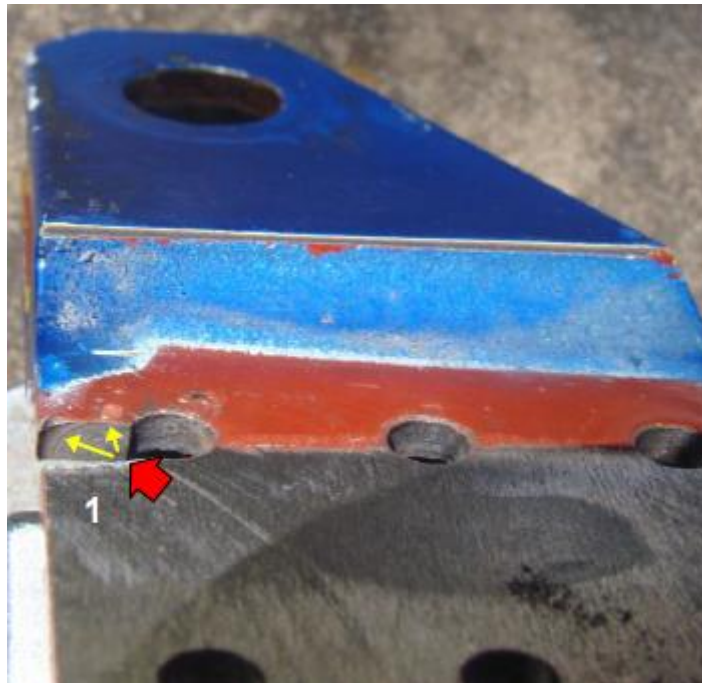


Figura 17. Avance de fisura en el herraje izquierdo. Fuente: investigación JST

#### *Fractografía microscópica – herrajes derecho e izquierdo*

El análisis mediante fractografía microscópica de todas las posiciones bajo estudio del herraje derecho y de la posición 1 del herraje izquierdo corroboró la presencia de fisuras que se propagaron por fatiga; y que las fracturas finales ocurrieron por coalescencia de microhoyuelos, indicativo de un modo de falla dúctil por sobrecarga.

Aunque los lugares de origen presentaban algunos daños por golpes o corrosión, en todos los casos se encontraron en el borde de la pieza y no se hallaron fisuras previas, daños ni defectos que pudieran haber actuado como iniciadores de las fisuras.



*Examen metalúrgico*

En ambos herrajes, la microestructura estaba conformada por martensita revenida, con un tamaño de grano austenítico de 12. El promedio de las mediciones de dureza Vickers fue de 378 HV<sup>6</sup> para el herraje derecho y de 380 HV para el izquierdo.

Los herrajes presentaron características muy similares y no se identificaron deficiencias evidentes que los hicieran susceptibles a la falla observada.

Utilizando la tabla de conversión de dureza de la norma ASTM A370 "Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products", se determinó que la dureza Vickers medida equivale a algo menos de 39 HRC<sup>7</sup> y a una tensión de rotura en el orden de los 1.200 MPa.

*Ensayos químicos*

Se realizó un análisis químico a través de espectroscopia de emisión óptica, siguiendo los lineamientos de la norma ASTM E415-2021 "Standard Test Method for Analysis of Carbon and Low-Alloy Steel by Atomic Emission Spectrometry".

En la figura 18 se presentan los resultados de los análisis de ambos herrajes, junto con los valores de referencia establecidos para un acero 30HGSA.

	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Fe
PN-89/H-84030/04 - 30HGSA	0,28 - 0,34	0,80-1,10	0,90 – 1,20	máx. 0,025	máx. 0,025	0,80 – 1,10	máx. 0,30	-	Balance
Herraje derecho	0,33	0,97	1,16	0,015	0,007	0,92	0,16	0,03	Balance
Herraje izquierdo	0,32	0,98	1,18	0,015	0,008	0,92	0,16	0,03	Balance

Figura 18. Análisis químico. Fuente: investigación JST

<sup>6</sup> Hardness Vickers

<sup>7</sup> Hardness Rockwell

### *Acciones de mitigación posterior al suceso*

El 14 de julio de 2021 la ANAC emitió la "Advertencia 269/DAG" en la cual recomienda a los propietarios de aeronaves PZL 106-BT601 (todos los números de serie), inspeccionar lo antes posible los herrajes traseros del estabilizador vertical por presencia de fisuras, con el fin de cambiar la pieza en el caso de hallar defectos.

#### **1.17 Información orgánica y de dirección**

La aeronave era operada por la empresa Agroayres S.A. que poseía un Certificado de Explotador de Trabajo Aéreo (CETA), autorizado para realizar servicios de trabajo aéreo: especialidad de rociado, espolvoreo, siembra y aplicación de fertilizantes. Tanto la aeronave LV-BDY, como el piloto del vuelo que resultó en accidente, se encontraban afectados a la empresa.

#### **1.18 Información adicional**

Durante el proceso de investigación, la autoridad aeronáutica del Estado de Diseño y Fabricación, junto con el fabricante de la aeronave, participaron en la revisión de los ensayos y tareas realizadas. Al mismo tiempo, expresaron interés en considerar las propuestas de esta investigación mediante la elaboración de un documento técnico que podría ser emitido por el fabricante.

#### **1.19 Técnicas de investigaciones útiles o eficaces**

No aplica.

---

## 2. ANÁLISIS

### 2.1 Introducción

El análisis evalúa los factores que podrían haber contribuido como mecanismos de falla y el contexto de ocurrencia de esta. Este se fundamentó en la información recolectada a través de entrevistas, documentación e inspecciones realizadas, así como en los ensayos de laboratorio del componente que falló.

### 2.2 Aspectos técnicos-operativos

De acuerdo con los ensayos realizados sobre ambos herrajes, se pudo establecer que la falla se produjo por la propagación de fisuras debido a la fatiga.

Dado que este tipo de falla puede ser promovida por concentradores de tensión como daños superficiales o cavidades de corrosión, se realizó un análisis exhaustivo en laboratorio para detectar su presencia. Sin embargo, no se encontró evidencia de la existencia de estos signos durante los ensayos realizados.

En cuanto a las cargas a las que estuvieron sometidos los herrajes, en la siguiente figura se representa con una flecha de color amarillo la carga principal para el desarrollo de las fisuras sobre el herraje derecho, mientras que las flechas azules representan las tensiones medias que esta carga generó sobre las distintas "posiciones" cuando la pieza estaba sana.



Figura 19. Carga principal sobre el herraje derecho. Fuente: investigación JST

Debido a que el ojal del herraje está desplazado del eje de simetría, la distribución de las tensiones en una sección transversal sobre los centros de la primera fila (figura 4) de agujeros, no será uniforme, serán mayores en la posición 1 y disminuyen hacia la posición 4.

Además de la carga antes mencionada, existió otra sollicitación sobre los herrajes. La fractografía macroscópica reveló que el inicio de las fisuras por fatiga en las posiciones 1 de ambos herrajes se ubicaba sobre la misma cara. Esto es característico de un esfuerzo de flexión, probablemente variable que influyó en la aparición y el desarrollo de las fisuras.

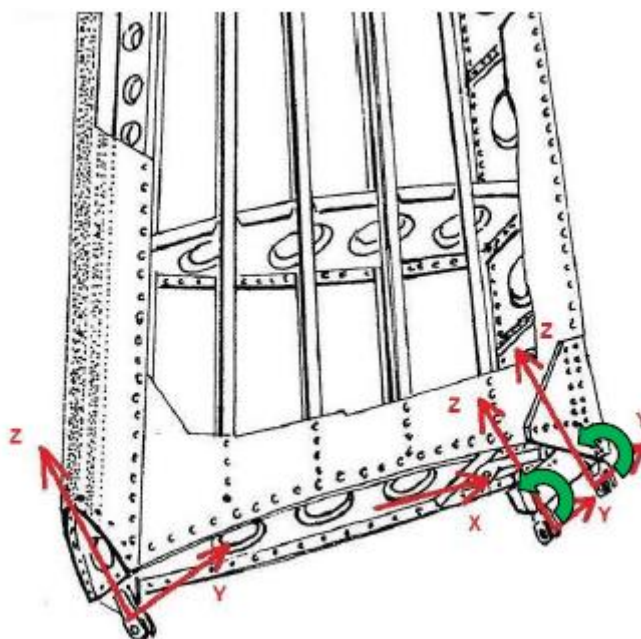


Figura 20. Sollicitación de flexión sobre los herrajes. Fuente: investigación JST

De acuerdo con lo expresado, es posible inferir que la fisura en la posición 1 fue la primera en desarrollarse en el herraje derecho debido a que estaba sometida a una mayor tensión. A su vez, el esfuerzo de flexión incrementó las tensiones (tracción) sobre una de las caras del herraje, razón por la que tuvo inicio sobre ella y la fisura avanzó lentamente por fatiga hasta la falla final de la posición 1.

Este proceso resultó en una reducción del área resistente de la pieza, que ante las mismas cargas ocasionó que siguieran incrementando las tensiones en el resto de las posiciones hasta el colapso final del herraje. La fisura en la posición 2 se originó en la misma cara del herraje que la de la posición 1, nuevamente, por influencia de la sollicitación de flexión.

Las fisuras identificadas en las posiciones 3 y 4 se habrían iniciado mientras aún se desarrollaba la fisura en la posición 2. En otras palabras, las tres fisuras habrían crecido de forma más o menos conjunta, lo que provocó que la sección remanente de la pieza no soportara las cargas de trabajo y condujo a la fractura final de la pieza.

Cabe destacar que la falla se originó a partir de un mecanismo de avance progresivo en la zona de unión con los remaches del conjunto estructural del estabilizador vertical. Dada su ubicación, esto dificulta su detección durante las inspecciones periódicas. En ese sentido, a pesar de que el manual de mantenimiento de la aeronave incluye ítems de inspección en el conjunto de cola, las prácticas de inspección propuestas no contemplan tareas específicas que permitan identificar el tipo de falla observada.

---

### 3. CONCLUSIONES

#### 3.1 Conclusiones referidas a factores relacionados con el accidente

- ✓ Durante un vuelo de trabajo aéreo se produjo el colapso estructural del herraje de sujeción derecho del estabilizador vertical del conjunto de cola que limitó el control de la aeronave.
  - ✓ El mecanismo de avance de falla en el herraje de sujeción izquierdo era similar al del herraje de sujeción derecho.
  - ✓ Los ensayos realizados no revelaron diferencias de material significativas entre los dos herrajes.
  - ✓ Las características del material de ambos herrajes presentaron valores similares a los establecidos para un acero 30HGSA.
  - ✓ La mecánica de falla del herraje derecho presentó evidencias de avance progresivo de fisuras por fatiga, que, debido a su ubicación, no fue posible identificar en las inspecciones
  - ✓ El manual de mantenimiento cuenta con ítems de inspección de rutina, pero no posee ítems específicos para la identificación del tipo de falla presentada.
-

## 4. RECOMENDACIONES SOBRE SEGURIDAD OPERACIONAL

### 4.1 Al fabricante de la aeronave *Airbus Poland S.A.*

#### **RSO AE-2044-24**

La falta de detección de daños ocultos en los herrajes de sujeción del estabilizador vertical puede provocar el colapso de componentes estructurales en la aeronave PZL 106-BT-601, incrementando el riesgo de una potencial pérdida de control en vuelo. Por ello, se recomienda:

- ✓ Incorporar un ítem de inspección en el programa de mantenimiento de la aeronave o, en su defecto, implementar las medidas necesarias para detectar y contener el avance progresivo de fisuras en los herrajes del conjunto del estabilizador vertical.

**JST** | SEGURIDAD EN  
EL TRANSPORTE





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

**Hoja Adicional de Firmas**  
**Informe gráfico**

**Número:**

**Referencia:** LV-BDY - Informe de Seguridad Operacional

---

El documento fue importado por el sistema GEDO con un total de 32 pagina/s.