

MAUT-8.0-12-029



INFORME FINAL

INCIDENTE GRAVE

COL-22-15-DIACC

Fractura del tren de aterrizaje en plataforma

SCF-NP

Aviodeco AC-05-Pijao

HK-3631

14 de marzo de 2022

Ciénaga – Magdalena - Colombia

ADVERTENCIA

El presente Informe Final refleja los resultados de la investigación técnica adelantada por la Autoridad AIG de Colombia – Dirección Técnica de Investigación de Accidentes, DIACC, en relación con el evento que se investiga, a fin de determinar las causas probables y los factores contribuyentes que lo produjeron. Así mismo, formula recomendaciones de seguridad operacional con el fin de prevenir la repetición de eventos similares y mejorar, en general, la seguridad operacional.

De conformidad con lo establecido en la Parte 114 de los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia, RAC 114, y en el Anexo 13 al Convenio de Aviación Civil Internacional, OACI, *“El único objetivo de las investigaciones de accidentes o incidentes será la prevención de futuros accidentes o incidentes. El propósito de esta actividad no es determinar culpa o responsabilidad”*.

Por lo tanto, ningún contenido de este Informe Final, y en particular las conclusiones, las causas probables, los factores contribuyentes y las recomendaciones de seguridad operacional tienen el propósito de señalar culpa o responsabilidad.

Consecuentemente, el uso que se haga de este Informe Final para cualquier propósito distinto al de la prevención de futuros accidentes e incidentes aéreos, y especialmente para fines legales o jurídicos, es contrario a los propósitos de la seguridad operacional y puede constituir un riesgo para la seguridad de las operaciones.

CONTENIDO

SIGLAS	5
SINOPSIS	6
1. RESUMEN	6
2. INFORMACIÓN FACTUAL	8
2.1 Reseña del evento	8
2.2 Lesiones personales	10
2.3 Daños sufridos por la aeronave	10
2.4 Otros daños.....	11
2.5 Información personal.....	11
2.6 Información sobre la aeronave y el mantenimiento	12
2.6.1 Aeronave.....	12
2.6.2 Motor.....	13
2.6.3 Hélice	14
2.7 Información Meteorológica.....	15
2.8 Ayudas para la Navegación	15
2.9 Comunicaciones y Tránsito Aéreo.....	15
2.10 Información del Aeródromo.....	15
2.11 Registradores de Vuelo	15
2.12 Información sobre el estado de la aeronave y el impacto.....	16
2.13 Información médica y patológica	16
2.14 Incendio.....	16
2.15 Aspectos de supervivencia	16
2.16 Ensayos e investigaciones.....	16
2.16.1 Análisis aplicados a los componentes	17
2.16.2 Inspección visual y fractografía.....	17
2.16.3 Micro-fractografía	20
2.16.4 Mapeo de la composición química de material “MAPPING”	23
2.16.5 Ensayo de dureza.....	23
2.16.6 Ensayo de tensión	25
2.16.7 Resultados del análisis de falla Árbol de hipótesis.....	27
2.17 Información orgánica y de dirección.....	28
2.18 Información adicional	29
2.18.1 Descripción del tren de aterrizaje.....	29

2.18.2	Trenes fijos	29
2.18.3	Trenes convencionales.....	30
2.19	Técnicas útiles o eficaces de investigación.....	30
3.	ANÁLISIS	31
3.1	Operaciones de vuelo	31
3.2	Mantenimiento.....	33
4.	CONCLUSIÓN	35
4.1	Conclusiones.....	35
4.2	Causa(s) probable(s)	36
4.3	Factores Contribuyentes.....	36
4.4	Taxonomía OACI	36
5.	RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD OPERACIONAL	37

SIGLAS

DIACC	Dirección Técnica de Investigación de Accidentes – Autoridad AIG Colombia
HL	Hora Local
MGO	Manual General de Operaciones
NTSB	National Transportation Safety Board – Autoridad AIG de EE. UU.
OACI	Organización de Aviación Civil Internacional
PCA	Piloto Comercial de Avión
POH	Manual de Operaciones del Piloto
RII	Ítem de inspección requerida
SMS	Sistema de gestión para seguridad operacional
UTC	Tiempo Coordinado Universal

SINOPSIS

Aeronave:	Aviodeco AC-05-Pijao
Fecha y hora del Incidente Grave:	14 de marzo de 2022, 07:10 HL (12:10 UTC)
Lugar del Incidente Grave:	Aeródromo La Ceiba, Ciénaga, Magdalena – Colombia
Coordenadas:	N 010 47'27.8" - W 074° 06'17.5"
Tipo de Operación:	Trabajos Aéreos Especiales - Aviación Agrícola
Número de ocupantes:	01 ocupante (Piloto)
Taxonomía OACI:	SCF-NP

1. RESUMEN

El 14 de marzo de 2022, la aeronave de tipo Aviodeco AC-05-Pijao de Trabajos Aéreos Especiales de Fumigación, con matrícula HK - 3631 fue programada para efectuar trabajos de aspersión agrícola desde la pista La Ceiba, sobre un lote de cultivo de banano perteneciente al bloque San Jacinto, ubicado en el municipio de Ciénaga, Magdalena.

Durante el alistamiento para comenzar el vuelo No. 4, y después de ser abastecido con combustible y con el producto químico a asperjar, la aeronave inició el carreteo desde la plataforma de abastecimiento de combustible, hacia la cabecera 36.

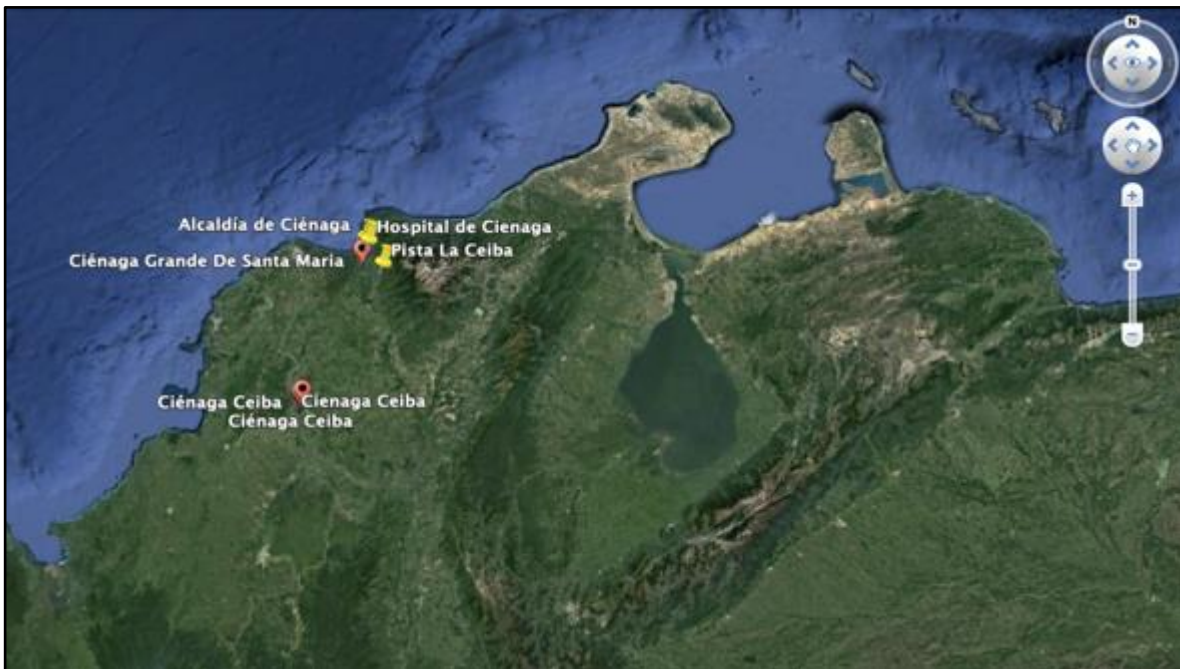


Imagen No. 1. Ubicación geográfica de la pista.

Una vez comenzó el taxeo, y después de haber recorrido aproximadamente 2 metros, el tren principal izquierdo colapsó haciendo que la aeronave se inclinara hacia la izquierda.

La aeronave quedó ubicada en las coordenadas N 010 47'27.8" - W 074° 06'17.5". No se presentó incendio antes ni durante el evento. No se causaron otros daños.

El Incidente Grave ocurrió a las 07:10 HL, en luz de día y con condiciones meteorológicas visuales.

El Piloto abandonó la aeronave por sus propios medios, sin lesiones.

La investigación determinó como Causa Probable del Incidente Grave, la siguiente:

Fractura total de la pierna izquierda del tren principal de aterrizaje como consecuencia de una corrosión mal tratada durante los procesos de mantenimiento, y, probablemente, haber soportado varios eventos de aterrizajes fuertes, *hard landings*.

Como Factores Contribuyentes se determinaron los siguientes:

Posibles acciones incorrectas durante las prácticas de mantenimiento "Remoción e instalación de los trenes de aterrizaje", al aplicar mayores fuerzas de torque en sus componentes.

Carencia en el Manual de Mantenimiento, de un procedimiento que controle la vida útil para este tipo de trenes de aterrizaje.

Deficientes procesos de inspección dentro del Manual del Fabricante, que no presenta un procedimiento de pruebas no destructivas a los componentes del tren de aterrizaje, que puedan garantizar su correcta y segura operación.

Deficientes procedimientos de inspección escritos en el manual de mantenimiento del fabricante que orienten al personal de mantenimiento sobre una apropiada toma de decisiones durante los procesos de reemplazo o inspección de los trenes de aterrizaje.

Insuficientes conocimientos de mantenimiento del personal de mantenimiento, para realizar los procesos de inspección, al no tener claridad sobre los tipos de corrosión que pueden afectar al material, y de las zonas de su mayor concentración.

Deficientes procedimientos de limpieza a las aeronaves, después de cada operación, ocasionando así que, contaminantes como el Cloro y el Azufre, impregnen zonas críticas de las aeronaves y de esta manera iniciar o aumentar el crecimiento de diferentes tipos de corrosión.

Posibles técnicas inadecuadas de aterrizaje que terminaron en aterrizajes fuertes, *hard landings*, que al repetirse hicieron decrecer la resistencia mecánica de los materiales del tren de aterrizaje.

La investigación emitió seis (6) Recomendaciones de seguridad operacional

2. INFORMACIÓN FACTUAL

2.1 Reseña del evento

El 14 de marzo de 2022, la aeronave de tipo Aviodeco AC-05-Pijao de Trabajos Aéreos Especiales de Fumigación, con matrícula HK - 3631 fue programada para efectuar trabajos de aspersión agrícola desde la pista La Ceiba, sobre un lote de cultivo de banano perteneciente al bloque San Jacinto, ubicado en el municipio de Ciénaga, Magdalena.

La aeronave realizó 3 vuelos de aspersión en condiciones normales.



Imagen No. 2. Trayectoria de vuelos realizados por el avión HK-3631.

Durante el alistamiento para comenzar con el vuelo No. 4 y después de ser abastecido de combustible y del producto químico a asperjar, la aeronave se dispuso a iniciar el carreteo desde la plataforma de abastecimiento hacia la cabecera 36 de la pista La Ceiba.

De acuerdo con la declaración de la tripulación, una vez comenzó el taxeo, y después de haber recorrido aproximadamente 2 metros, el tren principal izquierdo colapsó haciendo que la aeronave se inclinara hacia la izquierda.

Como consecuencia del colapso del tren, la parte baja del plano izquierdo hizo contacto con la superficie de la rampa, sin presentar daños de consideración. El Piloto apagó la aeronave, y evacuó por sus propios medios, ileso.

Efectuada una inspección se encontró que la aeronave había quedado soportada por la bomba del sistema de aspersión, situación que evitó la parada súbita del motor y daños en la hélice y en la parte baja del fuselaje.

La aeronave quedó ubicada en las coordenadas N 010 47'27.8" - W 074° 06'17.5". No se presentó incendio antes ni durante el evento. No se causaron otros daños.

El incidente grave ocurrió a las 07:10 HL, en luz de día y con condiciones meteorológicas visuales.



Imagen No. 3. Ubicación del lugar del Incidente Grave del avión HK-3631.



Fotografía No. 1. Estado final de la aeronave.

La Autoridad de Investigación de Accidentes de Colombia (Dirección Técnica de Investigación de Accidentes - DIACC) fue alertada del incidente grave, por medio de la Oficina de Seguridad Operacional de la empresa el mismo día del evento y se dispuso el desplazamiento de un investigador, quien llegó al sitio al siguiente día después del evento.

Siguiendo los protocolos del Anexo 13 de OACI y del RAC 114, el evento fue notificado a la Dirección Nacional de aeronáutica Civil (DINAC), de Paraguay, como Estado de Diseño de la aeronave Aviodeco AC-05-Pijao.

2.2 Lesiones personales

Lesiones	Tripulación	Pasajeros	Total	Otros
Mortales	-	-	-	-
Graves	-	-	-	-
Leves	-	-	-	-
Ilesos	1	-	1	-
TOTAL	1	-	1	-

2.3 Daños sufridos por la aeronave

Se afectó la parte inferior del plano izquierdo sin evidencia de fracturas en costillas, vigas, o piel.

La aeronave tuvo fractura total de la pierna principal izquierdo, ubicándose la fractura en la parte de los 2 pernos de sujeción externos de la chapa que une la estructura tubular con las piernas del tren.

Se encontró también deformación plástica en los soportes del *boom* izquierdo del equipo que hace parte del equipo de aspersión.



Fotografía No. 2. Fractura pierna tren principal izquierdo.

2.4 Otros daños

Se produjeron daños menores sobre la superficie asfáltica de la plataforma, como consecuencia de la fricción de la estructura del plano con la plataforma.

2.5 Información personal

Piloto

Edad:	28 años
Licencia:	PCA (Piloto Comercial de Avión)
Certificado médico:	Vigente
Equipos volados como piloto:	Cessna 188, AC-05 Pijao
Último chequeo en el equipo:	Octubre de 2021
Total horas de vuelo:	259,3 horas
Total horas en el equipo:	259,3 horas
Horas de vuelo últimos 90 días:	201,6 horas
Horas de vuelo últimos 30 días:	133.3 horas
Horas de vuelo últimos 03 días:	5,3 horas
Horas de vuelo últimas 24 horas:	01 hora

De acuerdo con la inspección efectuada los documentos de entrenamiento básicos, recurrente, proeficiencia y certificado médico, el Piloto cumplía con los requisitos exigidos por el Reglamento Aeronáutico para mantener las habilitaciones de su licencia de vuelo. Se encontraron los siguientes registros de entrenamiento del Piloto:

16 de septiembre de 2021, un curso de manejo seguro de agroquímicos.

23 de marzo del 2021, curso recurrente en la gestión de recursos de cabina, con una duración de 2 horas, en un centro de instrucción aceptado, aprobado y certificado por la autoridad de aviación civil.

4 de diciembre de 2021, entrenamiento recurrente de emergencia y evacuación, dentro de las instalaciones de la empresa, cumpliendo con descrito dentro del manual de entrenamiento de la empresa.

15 de octubre del 2021, entrenamiento inicial de seguridad operacional, con una intensidad de 3 horas, de acuerdo con lineamientos de la empresa.

16 de febrero del 2022, curso recurrente de seguridad operacional, dentro de las instalaciones de la empresa y certificado por centro de entrenamiento adjunto al operador.

10 de febrero del 2022, entrenamiento recurrente en el equipo Cessna con una duración de 5 horas,

2.6 Información sobre la aeronave y el mantenimiento

2.6.1 Aeronave

Marca:	Pijao
Modelo:	AC-05
Serie:	AC-05-001
Año de fabricación:	1990
Matrícula:	HK-3631
Certificado aeronavegabilidad:	0000362
Certificado de matrícula:	R002049
Fecha de fabricación:	1990
Fecha último servicio:	20 febrero de 2021
Total horas de vuelo:	9199:38 horas
Total ciclos de vuelo:	Desconocidos

Los ciclos de la aeronave son desconocidos, ya que por el tipo de operación y según registros de mantenimiento, el control de vida de la aeronave se hace utilizando las horas voladas.

De acuerdo con la inspección que se realizó a los documentos de mantenimiento, se encontró que, el 20 de febrero de 2022, se le realizó a la aeronave un servicio de 100 horas, ejecutado por el equipo de mantenimiento de la empresa, organización aprobada por Autoridad de Aviación de Colombia.

Se encontró que el Grupo de Mantenimiento que realizó el servicio contaba con el entrenamiento básico, recurrente y adoctrinamiento en el equipo, y con sus licencias vigentes, cumpliendo con las atribuciones de las mismas para el momento del accidente.

Dentro de las acciones de mantenimiento realizadas a la aeronave, se identificó el cumplimiento una serie de trabajos programados descritos de la siguiente manera:

El 14 de enero de 2022, se le realizó un servicio de 200 horas al avión, ejecutado por el equipo de mantenimiento.

Fuselaje exterior: Inspección por daños en la piel, remaches flojos, condición general de la pintura, chequeo a orificios de drenajes de las tomas estáticas.

Fuselaje interior: Inspección por condición a mamparos, montantes de las puertas. Vigas por dobladuras, corrosión, fracturas, deformaciones, pernos y tuercas sueltas.

Antenas y cables: Inspección por condición seguridad de sujeción, correcto enrutamiento e instalación de cables.

Soportes amortiguadores del panel de instrumentos: Inspección a las masas de tierra y coberturas por correcta instalación, deterioro, posibles fracturas, y seguridad en la sujeción.

Ventanas, parabrisas, puertas y sellos: Chequeo por condición general y seguridad.

Columna de control: Inspección a las poleas, cables, ruedas dentadas, balineras, cadenas, amortiguadores auxiliares y barriletes por condición y seguridad.

Inspección a planos y empenaje: Se inspeccionaron superficies y puntas de plano, montantes, estructura general de los planos, Vigas, montantes y conexiones de los planos, estructura del estabilizador horizontal, vertical y cono de cola; por condición en general, correcta instalación, posible corrosión y fracturas en puntos esenciales de la estructura.

Inspección a trenes de aterrizajes y frenos: Se inspeccionaron cilindros maestros de los frenos, estructural tubular del tren principal, líneas de freno cilindros de rueda, mangueras abrazaderas, por condición general, posible corrosión, correcta instalación, escapes de fluidos, y daños ocultos sobre la estructura de los trenes.

Se encontró que los trenes de aterrizaje no están controlados por vida útil o ciclos de aterrizaje por el área de Ingeniería Mantenimiento de la empresa.

Se desconoce dentro del programa de mantenimiento del fabricante, un programa de inspección avanzada de los trenes de aterrizaje.

Dentro del manual de fabricante de la aeronave, se identificó el reemplazo de los pernos que sostiene la rueda a los trenes cada 7000 horas.

El programa de mantenimiento de la aeronave establece que en las inspecciones a la aeronave se debe verificar el ajuste de los pernos principales ubicados en las chapas en donde están instalados los trenes de aterrizaje.

No se evidenció dentro del Manual del Fabricante, un programa de control de corrosión dirigido o direccionado a la exposición y condición de los trenes en sus zonas críticas.

2.6.2 Motor

Marca:	Continental
Modelo:	IO-520-F-C-26
Serie:	1040663
Total horas de vuelo:	310:18 horas
Total ciclos de vuelo:	Desconocidos
Total horas D.U.R.G:	880:42 horas
Fecha último servicio:	5 marzo de 2022

Los ciclos del motor son desconocidos, ya que por el tipo de operación y según registros de mantenimiento, el control de vida de la aeronave se hace utilizando las horas voladas.

En el motor se cumplió un servicio de 100 horas el 5 de marzo de 2022, en el cual se realizaron las siguientes acciones de mantenimiento:

- **Arranque, solenoide de arranque y conexiones:** Inspección por condición a las escobillas del arranque, Inspección visual a las conexiones eléctricas por correcta instalación y enrutamiento.

- **Bomba de combustible:** Chequeo a la integridad de la bomba, uniones por correcta sujeción.
- **Carter, sumidero de aceite y sección de accesorios:** Inspección por fracturas en las líneas de aceite y escapes, inspección a los pernos y tuercas por correcta instalación. Inspección por obstrucción al respiradero del cárter de aceite.
- **Aceite de motor con filtro:** Se drenó el sumidero y radiador de aceite del motor, para inspección visual de limallas dentro del sistema.
- **Cubiertas:** Inspección por roturas, abolladuras, y otros daños, seguridad e integridad a los pasadores del montante.
- **Motor:** Inspección por evidencia de escape de aceite o combustible del motor.
- **Motor y controles:** Se chequeó por condición general, libre movimiento, fricción, desgaste de los controles en todo su recorrido.
- **Estructura y pared de fuego:** Inspección por abolladuras, daños, fracturas, remaches cortados.
- **Caja aire de inducción:** Se inspeccionaron las válvulas, puertas y controles por correcta instalación y ajuste. Inspección por desgaste y seguridad.

2.6.3 Hélice

Marca:	McCauley
Modelo:	90-DHA-4
Serie:	AML26132
Total horas de vuelo:	1203:36 horas
Total ciclos de vuelo:	Desconocidos
Total horas DURG:	9:30 horas
Fecha último servicio:	5 de marzo de 2022

Los ciclos de la hélice son desconocidos, ya que por el tipo de operación y según registros de mantenimiento, el control de vida de la aeronave se hace utilizando las horas voladas.

En la hélice se cumplió un servicio de 100 horas el 5 de marzo de 2022, donde se realizaron las siguientes acciones de mantenimiento:

- Se chequeó el montante de la hélice por seguridad y correcta instalación.
- Inspección por fracturas, picaduras, abolladuras, ralladuras, erosión, corrosión u otros daños.
- Inspección a los pernos del *spinner*, por seguridad, y correcta instalación.

Durante la inspección a los registros de mantenimiento, como el libro de vuelo, no se encontraron reportes relacionado con un mal funcionamiento de la hélice o sus accesorios.

2.7 Información Meteorológica

El incidente grave se configuró con luz de día, en condiciones visuales, y secas. La Meteorología no influyó en la ocurrencia del evento.

2.8 Ayudas para la Navegación

No aplicable.

2.9 Comunicaciones y Tránsito Aéreo

No hubo comunicaciones con tránsito aéreo, ya que la aeronave se encontraba en la rampa al momento de la fractura del tren de aterrizaje. El aeródromo es no controlado.

2.10 Información del Aeródromo

La pista La Ceiba (OACI SQGG), está ubicado en las coordenadas N 010 47'27.8" - W 074° 06'17.5", a nivel del mar, y sirve como base para la operación de aeronaves de aviación agrícola. Tiene una longitud de 1000 metros y un ancho de 24 metros.



Imagen No. 4. Características de la pista La Ceiba.

2.11 Registradores de Vuelo

La aeronave no contaba con registradores de datos de vuelo, FDR, ni de voces de cabina, CVR, pues no le es exigido por la normatividad. No obstante, tenía instalado un sistema de GPS, para apoyo de la labor de aspersión.

2.12 Información sobre el estado de la aeronave y el impacto

El evento tuvo ocurrencia en la plataforma del aeródromo La Ceiba, cerca de la zona de abastecimiento de combustible y de aprovisionamiento de producto químico; el Piloto había iniciado el rodaje para tomar posición y despegar. Después de haber rodado aproximadamente dos (2) metros, el tren principal izquierdo colapsó, y la aeronave se detuvo. El Piloto apagó y aseguró la aeronave y procedió a evacuar.

La aeronave sufrió daños menores en su estructura, ubicándose los daños en el plano izquierdo de la aeronave.

Se afectó la parte inferior del plano izquierdo no se evidenció fracturas en costillas, vigas, o piel.

La aeronave tuvo fractura total de la pierna principal izquierda, ubicándose la fractura en la parte de los 2 pernos de sujeción externos de la chapa que une la estructura tubular con las piernas.

Se evidenció también deformación plástica en los soportes del Boom izquierdo que hace parte del equipo de aspersión.

Durante la inspección de campo, se observó que el resto de las componentes mayores de la aeronave y motor no se desprendieron y se mantuvo la integridad de la aeronave.

2.13 Información médica y patológica

El Piloto se encontraba psicofísicamente apto para llevar a cabo la actividad que realizaba. Una vez ocurrido el suceso, abandonó la aeronave por sus propios medios, sin sufrir lesiones.

Una vez que se verificó su estado (ilesos), fue llevado a un centro de salud cercano para realizarle una valoración física y las pruebas toxicológicas, de rigor.

2.14 Incendio

No se presentó incendio antes ni después del Incidente Grave.

2.15 Aspectos de supervivencia

El Incidente Grave ocurrió en, el Piloto salió por sus propios medios, sin lesiones, sin embargo; una vez afuera de la aeronave, fue atendido por el personal de la empresa, quienes informaron al aérea de seguridad operacional.

2.16 Ensayos e investigaciones

Durante la inspección de campo realizada por el personal de la Dirección Técnica de Investigación de Accidentes en la pista la Ceiba, se evidenció la fractura total de la pierna izquierda del tren principal de aterrizaje.

De acuerdo con la naturaleza del evento, se determinó realizar un análisis de falla al soporte principal “chapa” y de la parte fracturada del tren de aterrizaje, en un laboratorio especializado de metalurgia, avalado por la Autoridad de Aviación Civil de Colombia.

Del análisis metalográfico de la falla realizado resultó el siguiente informe:

2.16.1 Análisis aplicados a los componentes

Los componentes que se identificaron para realizar el análisis de falla se dividieron en dos secciones, A, B (fotografía No. 3), a los cuales se les aplicaron los siguientes análisis:

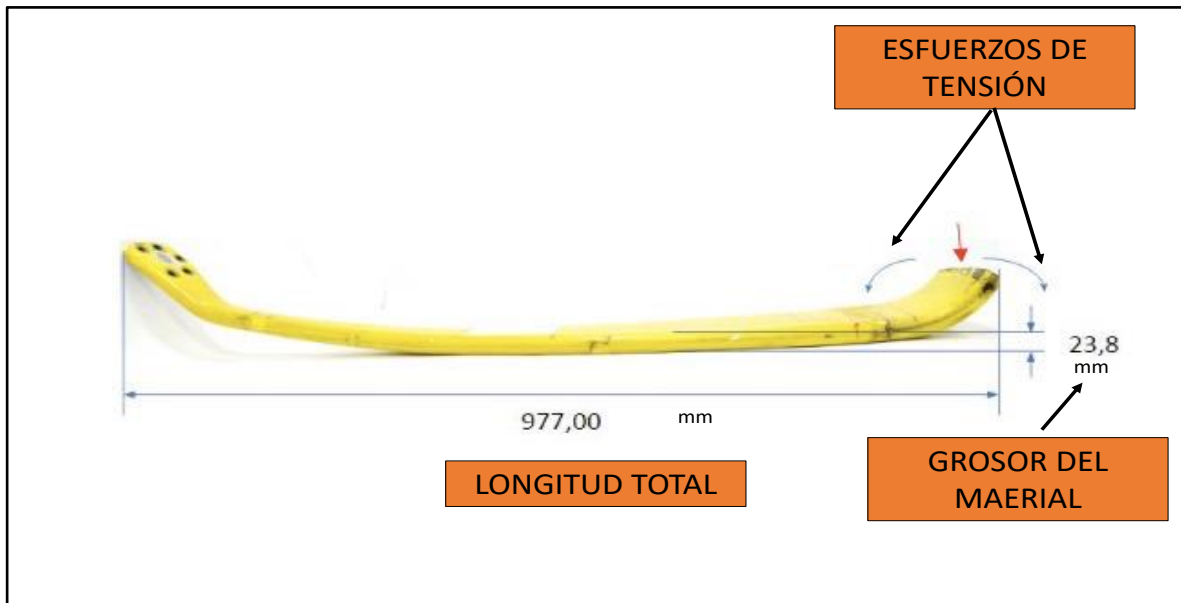
- Fractografía
- Micro-fractografía (SEM)
- Toma de dureza
- Toma de micro dureza
- Composición química
- Análisis Metalográfico.
- Ensayo a tensión
- Análisis de resultados y concepto de falla



Fotografía No. 3. Tren principal izquierdo avión AC-05 Pijao.

2.16.2 Inspección visual y fractografía.

Se inspeccionaron las dos secciones del tren principal izquierdo. De acuerdo con la forma de la falla, se indicó una fractura frágil que inició sobre la zona de mayor carga a tensión del tren y en una zona que muestra pérdida de la pintura, rastros de un compuesto negro y picaduras por corrosión.



Fotografía No. 4. Dimensiones de la pierna izquierda.

Vista lateral de la pierna izquierda del tren de aterrizaje: la flecha roja indica el punto de inicio de la falla, las flechas azules las fuerzas que se presentaron sobre el tren que condujo a la propagación la falla, estas cargas son las normales del tren de aterrizaje.



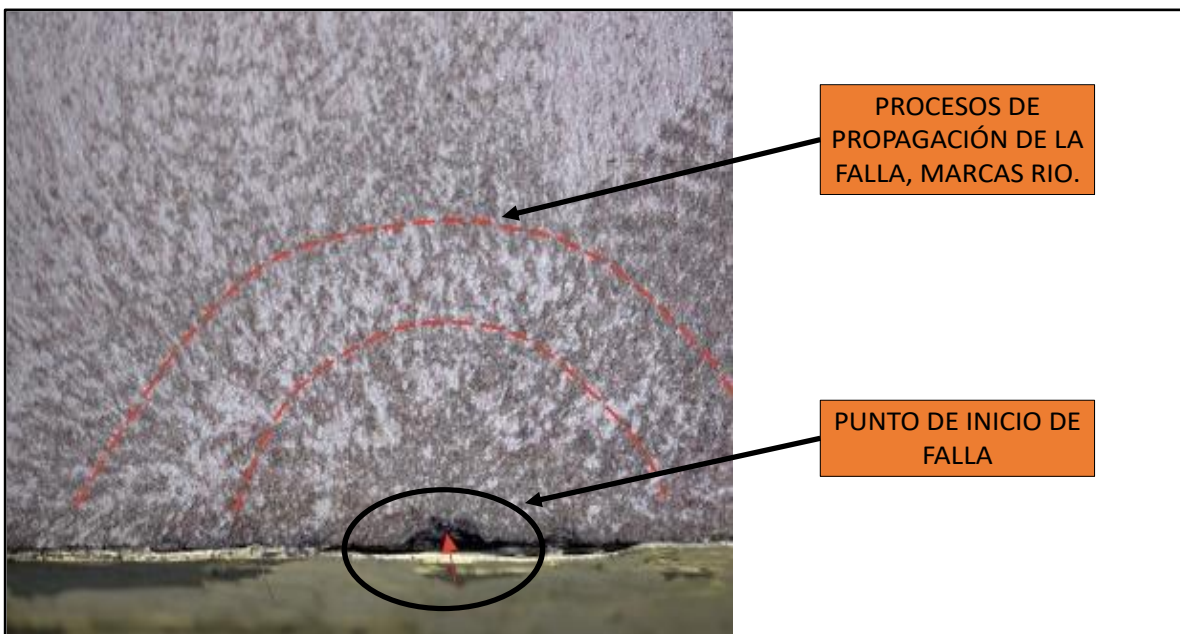
Fotografía No. 5. Vista frontal, identificación inicio de falla.

Vista frontal zona de fractura: de acuerdo con sus características, la fractura se identificó como una fractura frágil; además se observaron al menos tres procesos de propagación. La flecha roja indica el punto de inicio.



Fotografía No. 6. Inicio de falla con picadura en el material.

La siguiente fotografía (7) muestra cómo se utilizó la vista frontal, en donde se concentró el punto de inicio de grieta. La falla inició sobre una picadura profunda debido a una corrosión no tratada y se propagó por lo menos en tres procesos.



Fotografía No. 7. propagación de la falla en el material.

En la fotografía No. 8 se evidencia las evidentes huellas dejadas por otra pieza que está en contacto “Chapa, piezas de sujeción del tren”; la fracción en este punto y los diferentes movimientos naturales del tren de aterrizaje al momento de su operación afectó la pintura, desgastándola y levantándola.

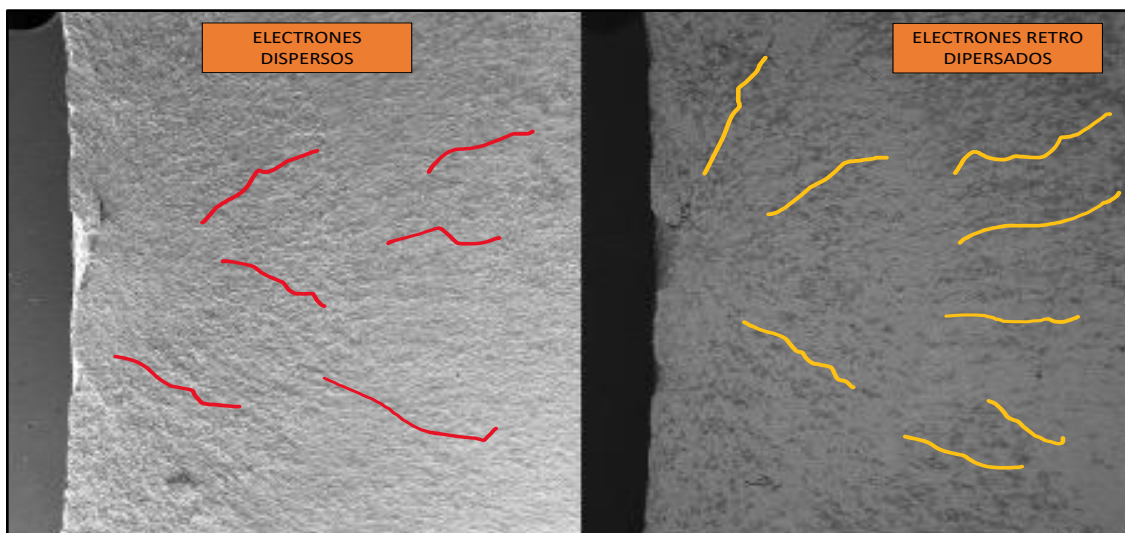
Este fenómeno mecánico además del desgaste de la pintura creó una corrosión por picadura y corrosión por hendidura, entendiéndose que las dos son producto de agua atrapada entre el tren y el soporte principal de sujeción.



Fotografía No. 8. Vista superior zona de pérdida de pintura y existencia de residuos negros. (6.3X)

2.16.3 Micro-fractografía

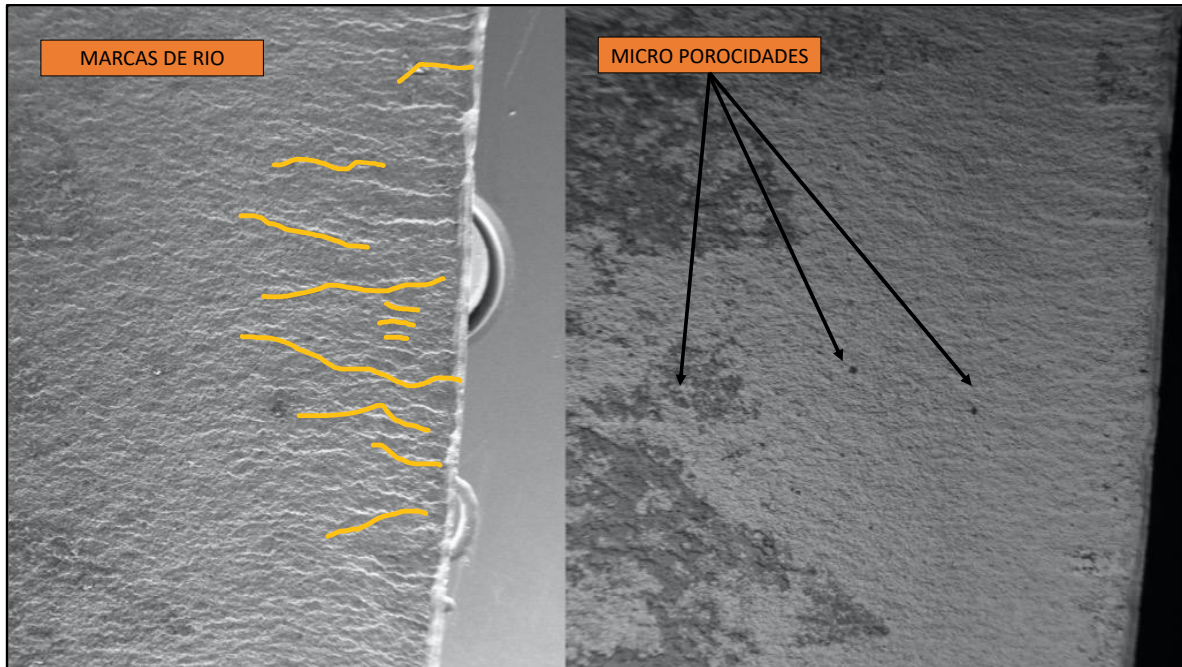
En la fotografía No. 9, se muestran los Electrones secundarios (izquierda) y retro dispersados (derecha), como consecuencia de una picadura corrosiva, que produjo una propagación de la grieta en dos pasos, fenómeno identificado en la imagen de la izquierda.



Fotografía No. 9. Dispersión de electrones sobre el material.

Utilizando microscopía electrónica de barrido, se logró corroborar que el punto de inicio de la grieta se situó sobre una picadura corrosiva y su propagación fue intergranular, además de estar relacionado con los procesos de fragilización por hidrógeno, lo cual explica a su vez, la fractura frágil.

Entendiéndose como fractura frágil, el agrietamiento repentino y muy rápido de un material o equipo bajo esfuerzos de tensión donde aquel no muestra ningún signo de ductilidad o degradación plástica antes de que ocurra la fractura. El final de la falla ocurre por sobrecarga.

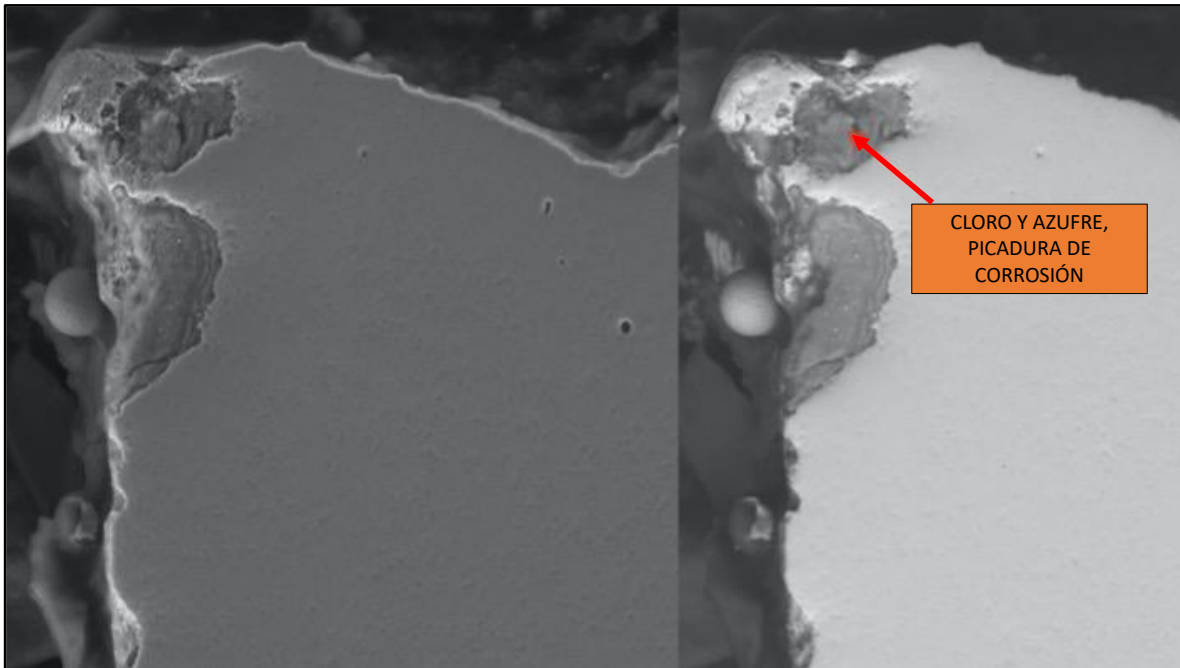


Fotografía No. 10. Marcas de río, microporosidades en el material.

Las marcas “de río” generadas en el material de la pierna del tren de aterrizaje son una consecuencia de los esfuerzos de tensión que soportaba el material cada vez que aterrizaba la aeronave.

Las microporosidades resultaron de la corrosión que presentó el material al exponerse este con el nitrógeno de la atmósfera, que ayudó exponencialmente a la pérdida de resistencia mecánica del material base, en este caso el acero. Fenómeno que ocurre después de unos años de exposición.

ESPACIO DEJADO INTECCIONALMENTE EN BLANCO



Fotografía No. 10. Presencia de Cloro y azufre en el material.

La flecha roja en la fotografía No. 10, marca presencia de azufre y cloro en los materiales de la aleación, los cuales iniciaron la picadura de la corrosión.

De acuerdo con el análisis de composición química se identificaron los componentes de los cuales está construida la pierna del tren de aterrizaje, así:

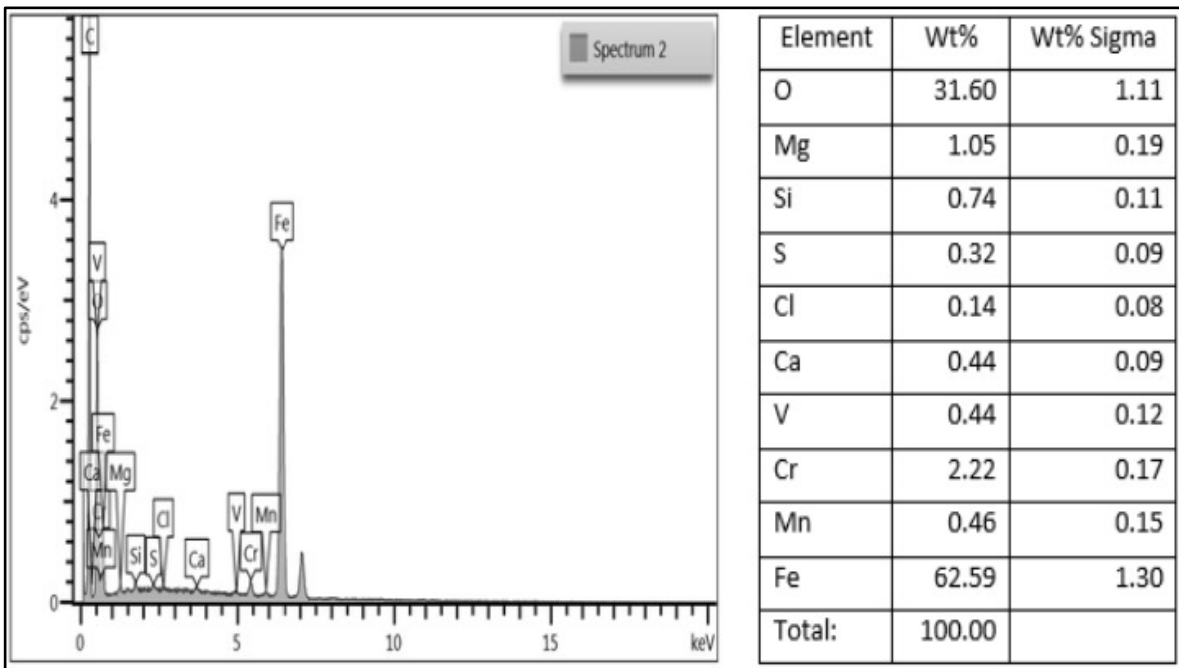
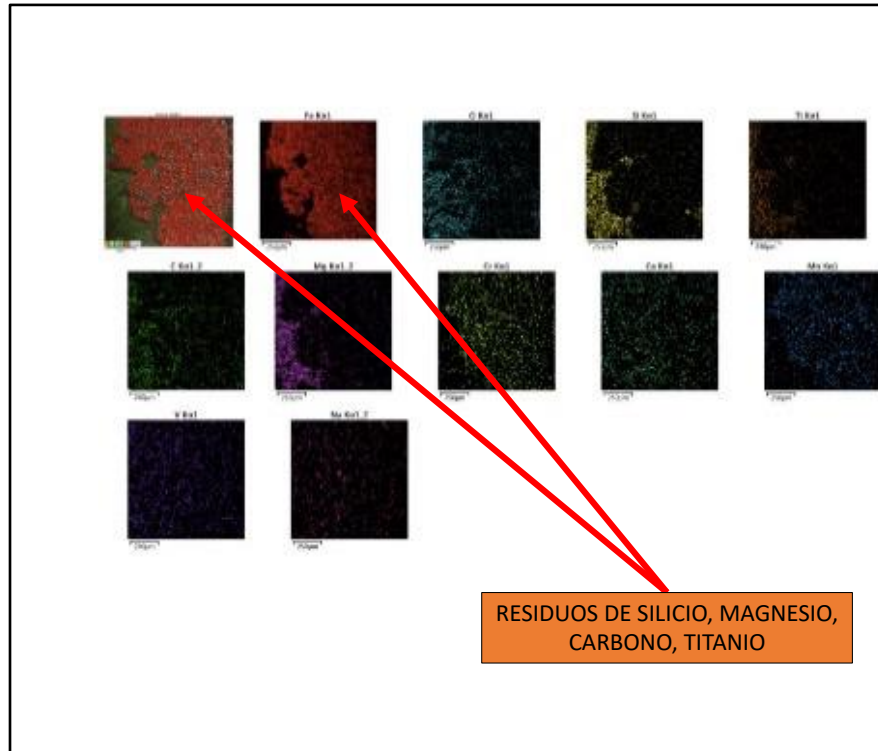


Imagen No. 5. Composición de materiales en la aleación de la pierna del tren de aterrizaje.

2.16.4 Mapeo de la composición química de material “MAPPING”

Se observó que sobre la zona de inicio de la falla “grieta”, existió un proceso corrosivo, con abundancia de óxidos, entre ellos el cloro y el azufre, sustancias que están relacionadas directamente con la producción de oxidación de los materiales, afectando directamente las características de los materiales.




Fotografía No. 11. Residuos de materiales dentro de la composición química.

2.16.5 Ensayo de dureza

Durante la prueba de análisis de falla se realizó la prueba de dureza, de acuerdo con el *handbook* de los materiales y la tabla de dureza, este material tiene una dureza entre 48 a 50 HRC; además se identificó que, durante su construcción, este material fue sometido a un tratamiento térmico de temple y revenido.

Entendiendo que el tratamiento térmico de temple aumenta la dureza del material, y el tratamiento térmico de revenido corrige la estructura molecular de los materiales, además de aumentar la resistencia a la corrosión.

La muestra de dureza realizada al material se hizo utilizando un parte del tren de aterrizaje que fue afectado por la fractura, y se sometió a una prueba de dureza Vickers, arrojando los siguientes resultados:

ENSAYO DE PERFIL DE MICRODUREZAS VICKERS							
Muestra							
	<p>Fig. 20. Zona de Indentación. Toma durezas desde núcleo hasta borde derecho.</p>						
Lectura HV	Carga	1	2	3	4	5	6
	HV 1,0	532,7	523,8	515,1	519,4	532,7	519,4
	HRC	51	51	50	51	51	51

Fotografía No. 12. Resultados de ensayos micro dureza.

Durante el análisis realizado al material se identificó la composición química del material, siendo este constituido por una aleación 5130, un acero al cromo con un 0.30% de carbono. En esta oportunidad el cromo se encuentra por encima de las especificaciones técnicas.

ENSAYO DE COMPOSICIÓN QUÍMICA (ZONA DE CARACTERIZACIÓN)						
Elementos del material analizado	Espectrómetro de emisión óptica Easy Spark LA-033					
	Fe	(%)	96,7024	V	(%)	0,1746
	C	(%)	0,6141	Ti	(%)	0,0033
	Mn	(%)	0,8922	Al	(%)	0,0219
	P	(%)	0,0119	Sn	(%)	0,0095
	S	(%)	0,0029	Mo	(%)	0,0235
	Si	(%)	0,2442	Co	(%)	0,0067
	Ni	(%)	0,067	W	(%)	0,0000
	Cr	(%)	1,1036	Sb	(%)	0,0031
	Cu	(%)	0,1551	B	(%)	0,0000
Elementos de clasificación	Composición química acero 5160. Según norma ASTM A29					
	C	(%)	0,56 – 0,61	Si	(%)	0.15 – 0.35
	Mn	(%)	0,75 – 1,00	Cr	(%)	0.70 – 0.90
	P	(%)	0,035 máx.	---	(%)	---
	S	(%)	0,040 máx.	---	(%)	---

Imagen No. 6. Composición química acero 5130.

2.16.6 Ensayo de tensión

Para este ensayo se utilizaron los siguientes datos con el fin de calcular la tensión que sufrieron los materiales al momento de producirse la fractura total de la pierna:

- Tipo de material
- Ancho
- Espesor
- Elongación
- Fuerza máxima
- Fuerza máxima a la tracción
- Esfuerzo en el límite de fluencia.

Dando como resultado lo siguiente:

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	RESULTADO	Acero 5160 ^[1]
Material	N/A	Acero 5160	51CrV4
Ancho	mm	12,7	----
Espesor	mm	22.6	----
Elongación	%	1,8	5.6
Fuerza Máxima	kN	513	----
Esfuerzo Máximo A Tracción	MPa	1788	1260
Esfuerzo En El Límite De Fluencia	MPa	1744	1217

Imagen No. 7. Límites Elásticos del material.

La siguiente gráfica muestra el desarrollo de la fractura, teniendo en cuenta, las características de los materiales de la aleación, la resistencia mecánica, los límites elásticos, y la fluencia del material durante la operación.

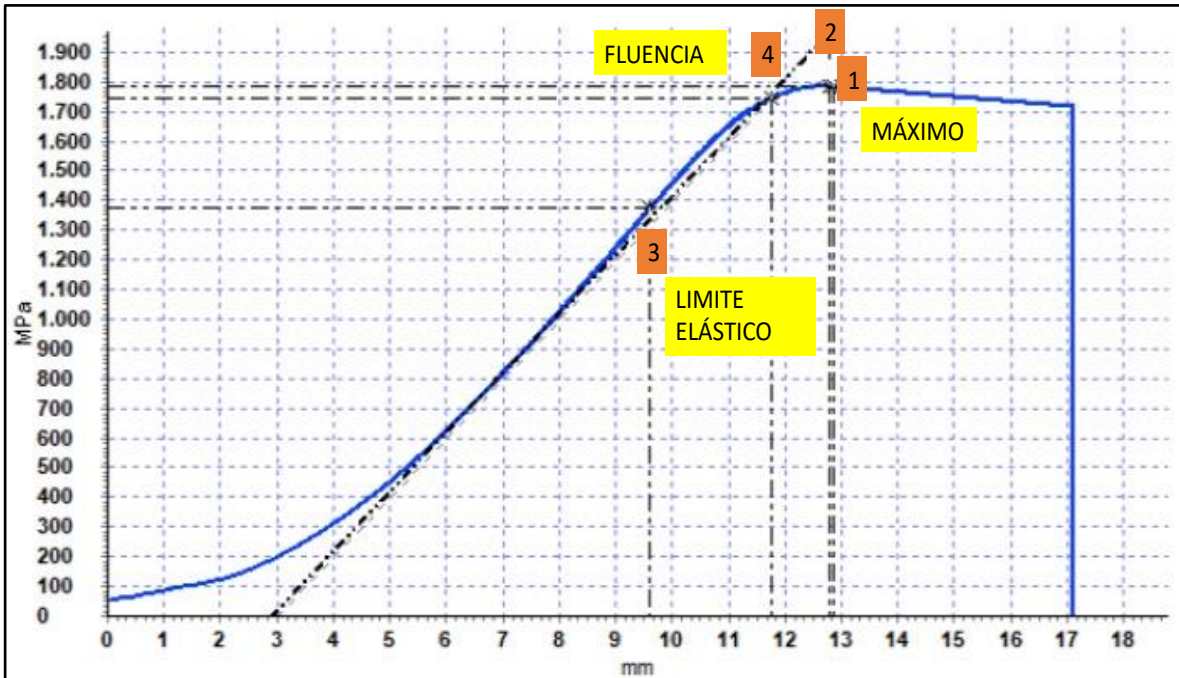


Imagen No. 8. Curva de esfuerzos y deformación del material.

En la fotografía No. 13, se muestra una superficie homogénea, sin grietas adicionales adyacentes a la zona de la fractura total, aunque existe una picadura profunda por la corrosión. El material de aleación presentó un tratamiento térmico de endurecimiento para una estructura de mansita – bainita (componente del acero). NO se detectaron defectos que influyeran en la falla inicial.



Fotografía No. 13. Picados corrosivos en el punto de inicio y en las vecindades.

2.16.7 Resultados del análisis de falla Árbol de hipótesis

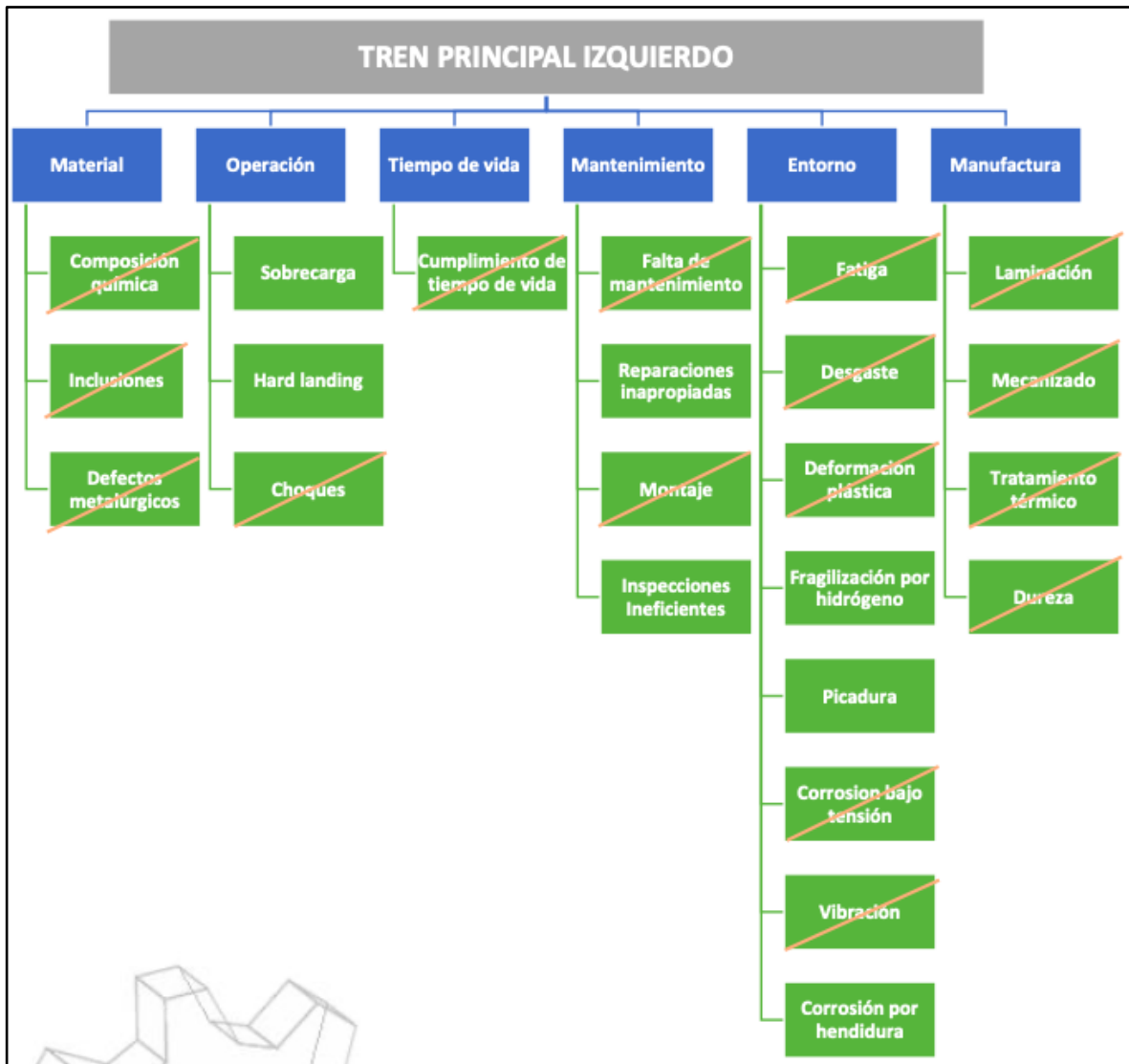


Imagen No. 9. Árbol de hipótesis.

Una vez a analizados todos los frentes de posible falla se concluyó lo siguiente:

- La composición química, la inclusión y los defectos metalúrgicos se descartan, ya que los resultados de laboratorio no encontraron defectos en el material base, o durante el proceso de construcción del material.
- En la operación, se descartan choques o impactos que deformaran el material o su microestructura.
- La vida útil del material no tuvo relevancia en el evento de acuerdo con los análisis realizados al material.
- Se descarta una incorrecta acción de mantenimiento, ya que de acuerdo con los documentos proporcionados por la empresa, se tienen programas de manteniendo para prevenir la corrosión en la estructura.

- Los análisis de laboratorio muestran que el tren principal izquierdo de aterrizaje falló de forma frágil; el inicio de la fractura se produjo por el comienzo de un proceso corrosivo por picadura.
- La corrosión tuvo origen entre el tren y una pieza (piel fuselaje) por posible rozamiento de la piel de la aeronave con la zona de la falla, y que ha producido desgaste de la pintura dejando vulnerable a la corrosión el metal base del tren causando su deterioro microestructural.
- Por la forma del proceso de propagación, se estima que la grieta creció en cuatro o cinco momentos, los cuales se produjeron por sobrecarga de la aeronave y/o aterrizajes fuertes.
- El último aterrizaje fuerte redujo sustancialmente la zona de unión microestructural entre las dos secciones del tren, en donde el peso de la aeronave, sumado a los movimientos fuertes durante las diferentes carreras de despegue, disminuyeron la resistencia mecánica del tren, ocasionando que con solo el esfuerzo de empuje de la aeronave y rodar dos 2 metros se produjera la rotura final del tren.
- La falla que se produjo en la pierna del tren de aterrizaje se identificó como fractura frágil debido a que se presentó fragilización a causa del hidrógeno (proceso corrosivo), el cual puede ser explicado por contacto con productos químicos ácidos que pueden provenir de las sustancias de fumigación y/o la utilización de polímeros de silicona en el punto de unión entre el tren y la piel de la aeronave.
- La aleación de acero está identificada como acero 5160, con el cual está construida la pierna del tren de aterrizaje; esta no muestra defectos que participaran en el evento de falla. Su microestructura es de martensita y bainita con una dureza de 48 – 50 HRC obtenida por tratamiento térmico de temple y revenido.

2.17 Información orgánica y de dirección

El explotador aéreo es una empresa de Trabajos Aéreos Especiales - Aviación Agrícola, con una gran experiencia en el sector aeronáutico.

La aeronave cumplía con los requisitos, descritos en la Parte 4 de los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia, RAC 4, y requisitos especiales de aeronavegabilidad para aeronaves de aviación de trabajos aéreos especiales de fumigación aérea RAC 137.

Durante la inspección de campo se determinó que la empresa contaba con manuales de operación propios aceptados por Autoridad de Aviación Civil y que realizaba su operación con base en los manuales del fabricante, POH.

Las operaciones de la aeronave son coordinadas por el aérea de despacho de acuerdo con las necesidades comerciales adquiridas.

Se logró identificar que el explotador llevaba directamente el cumplimiento del programa de mantenimiento a sus aeronaves, con la ayuda de talleres autorizados por la casa fabricante y la entidad reguladora de la aviación civil.

Se logró identificar la implementación de un sistema de gestión de calidad y de seguridad operacional por parte de la empresa, enfocado al mejoramiento de la operación y mantenimiento de sus aeronaves.

La empresa posee SOP's (Procedimientos estándares de Operación) enfocados al cumplimiento estricto de procedimientos estándares, alineados con la norma aeronáutica y los fabricantes actual.

2.18 Información adicional

2.18.1 Descripción del tren de aterrizaje

El tren de aterrizaje es la parte de cualquier aeronave encargada de absorber la energía cinética producida por el contacto entre la aeronave y la pista durante la fase de aterrizaje y despegue.

Durante el aterrizaje, el tren debe absorber la energía cinética producida por el impacto. Los neumáticos son el primer elemento que absorbe tal impacto, pero no son suficientes; así el tren de aterrizaje debe poseer un sistema de amortiguación para poder disminuir la energía del impacto.

La velocidad de descenso de un avión en el aterrizaje, en el momento de impacto con el suelo, es decisiva para la absorción de trabajo de los amortiguadores.

La expresión "energía de descenso" se emplea frecuentemente y es la energía cinética arbitrariamente asociada con la velocidad vertical. El sistema debe absorber la energía cinética, equivalente a la caída libre del peso del avión desde 80 cm de altura.

El peso total del avión, su distribución sobre las ruedas principales y de nariz o de cola, la velocidad vertical de aterrizaje, la cantidad de unidades de ruedas, las dimensiones y presión de los neumáticos y otros, son los factores que influyen sobre la amortiguación del choque y esta debe ser tal que la estructura del avión no esté expuesta a fuerzas excesivas.

Entonces, la función del amortiguador del tren de aterrizaje o el diseño de la pierna es reducir la velocidad vertical del avión a cero, de tal forma que la reacción del suelo nunca exceda de un cierto valor, generalmente un múltiplo del peso del avión, en el aterrizaje.

Otra de las finalidades es permitir al avión que se desplace sobre tierra, tanto en carrera de despegue, aterrizaje, y trasladarse de un lugar a otro llamado comúnmente taxeo, y para poder estar posado sobre tierra.

El peso del tren de aterrizaje está entre un 4% y un 7% del peso de despegue del avión.

2.18.2 Trenes fijos

Los trenes fijos son los que, durante el vuelo se encuentran permanentemente expuestos a la corriente de aire. Se usan solamente en aviones relativamente pequeños, de baja velocidad en los cuales el aumento de peso por la instalación de un sistema de retracción influiría desfavorablemente sobre el peso total, y la ganancia en velocidad no mejoraría mucho las prestaciones.

2.18.3 Trenes convencionales

Un tren de este tipo está constituido por dos montantes de aterrizaje debajo del ala o del fuselaje, a la altura del ala, y una rueda o patín de cola

Este fue el primer sistema que se utilizó, por la disposición primaria del ala -por entonces muy adelantada en el fuselaje- el diámetro de la hélice, la situación del motor, al principio uno solo, en la parte delantera.

Entre sus ventajas está su buena aerodinámica en caso de tren fijo (al ser la rueda de cola muy pequeña), muy robusto en caso de tren retráctil (por eso se usó mucho en la Segunda Guerra Mundial, en donde muchas de las pistas de aterrizaje eran improvisadas y de mala calidad).

Pero también posee varios inconvenientes:

No permite buena visibilidad del piloto, para la maniobra en tierra (taxeo).

Para despegar el empenaje tiene que producir una cierta sustentación para que el avión quede en posición horizontal, o sea la rueda de cola en el aire.

Cuando el avión aterriza se corre el riesgo de que un mal frenado pueda hacer capotear, o hacer dar vuelta, al avión. Entonces cuando se aterriza, se hace en dos puntos, es decir, que tocan los dos montantes delanteros.

Es muy difícil aterrizar un avión con tren convencional, con viento cruzado, debido a que como la rueda está unida al timón de dirección, este se debe mantener girado para alinearse con la pista, pero no debe tocar la rueda trasera, bajo riesgo de que el avión vire bruscamente.

El control de dirección se realiza por medio del patín de cola comandado por cables o también se puede lograr el cambio de dirección aplicando el freno en uno de los montantes principales y dándole potencia en el caso del bimotor al motor opuesto que se aplicó el freno.

2.19 Técnicas útiles o eficaces de investigación

Para el desarrollo de la investigación, fueron empleadas las técnicas contenidas en el Documento 9756 de la OACI, así como el análisis de las evidencias físicas y testimoniales, recopiladas durante las labores de campo.

Adicionalmente, y conociendo la naturaleza del accidente se efectuó el análisis metalográfico de los componentes del tren de aterrizaje izquierdo que resultó fracturado al inicio del taxeo del avión.

3. ANÁLISIS

El análisis de la presente investigación se basó en la información factual recopilada durante las actividades de campo adelantadas, así como la información contenida en los registros documentales y pruebas especializadas realizadas durante el proceso de investigación.

3.1 Operaciones de vuelo

El Piloto, contaba con poca experiencia en el equipo Pijao AC-05-001 y en actividades de aéreas de fumigación; sin embargo se encontró apto psicofísicamente para el vuelo, y cumplía con los chequeos de pro-eficiencia de acuerdo con la normatividad vigente, para el día del accidente. Además, se demostró que el Piloto había tenido continuidad en la operación en este tipo de aeronave y en las actividades de aspersión aérea.

Para día del accidente el Piloto se presentó a las 5:00 AM en las instalaciones de la empresa para cumplir con la programación de vuelo, y efectuó sus primeros vuelos de aspersión agrícola sobre plantaciones de plátano y retornó a la empresa sin novedad alguna.

Después de efectuar el tercer vuelo, el Piloto se dirigió y ubicó la aeronave en la zona de abastecimiento de combustible y de producto químico, para el alistamiento de la aeronave.

Una vez abastecida la aeronave, y con suficiente producto químico, el Piloto abordó la aeronave, inició el motor, efectuó los procedimientos de rigor, e inició el taxeo hacia la cabecera de pista 36; sin embargo, una vez recorridos aproximadamente dos metros del sitio de parqueo, la pierna del tren principal izquierdo colapsó, ocasionándose la parada súbita de la hélice y del motor.

El Piloto aplicó los procedimientos descritos en los manuales de la empresa (MGO, SOP's, MPO, manual de entrenamiento) para este tipo de eventos, apagó el motor, desenergizó los sistemas eléctricos y abandonó la aeronave, por sus propios medios, sin lesiones.

Durante los procesos de investigación se realizaron análisis al material de la aleación de la pierna del tren que se fracturó, en el cual se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

- Tipo de aleación del material
- Vida útil del material.
- Entorno de operación.
- Trabajos de mantenimiento efectuados en el componente.
- Fabricación del material
- **Tipo de operación que efectuaba la aeronave.**

De acuerdo con el análisis efectuado, considerando el funcionamiento y operación de los trenes de aterrizaje instalados en el HK-3631, se identificó que el tren de aterrizaje soportó esfuerzos de tracción, tensión, presión, además de tener que disminuir y absorber la energía cinética de impacto durante los aterrizajes.

Durante el análisis de falla de material se identificó una corrosión intergranular por picadura y por hendidura, quizás no tratada adecuadamente durante el mantenimiento.

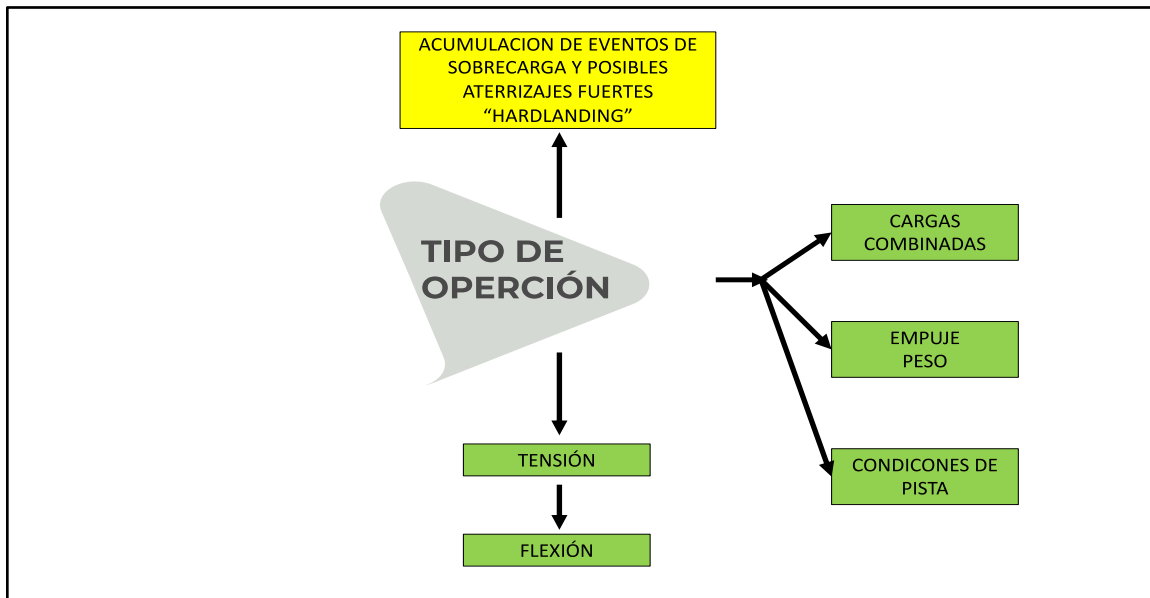


Imagen No. 10. Árbol de falla de acuerdo con el tipo de operación.

Por la forma observada del proceso de propagación, se estimó que la grieta creció en cuatro o cinco momentos, los cuales se produjeron, probablemente, por sobrecarga de la aeronave y/o aterrizajes fuertes.

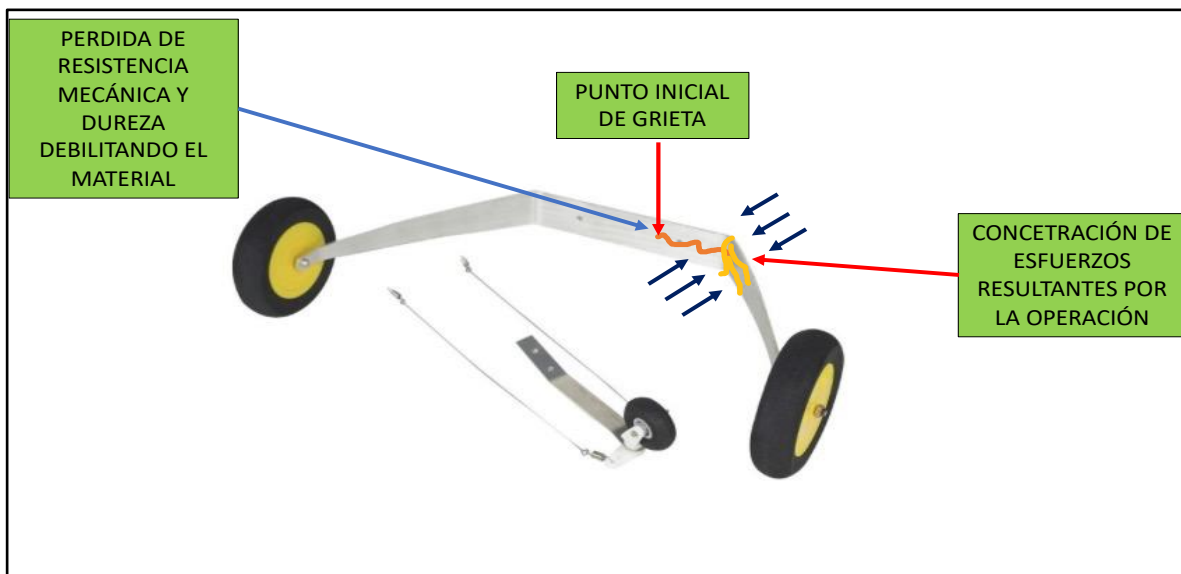


Imagen No. 11. Dinámica y propagación de la grieta

El último aterrizaje fuerte redujo sustancialmente la zona de unión microestructural entre las dos secciones del tren, cuando el peso de la aeronave, sumado a los movimientos fuertes durante las carreras de despegue, hicieron que se disminuyera la resistencia mecánica del tren, ocasionando que, con solo el esfuerzo de empuje de la aeronave y el rodaje de dos 2 metros, se produjera la rotura final del tren.

La falla que se produjo en la pierna del tren de aterrizaje se identificó como una fractura frágil, debido a la fragilización resultante de la presencia de hidrógeno (proceso corrosivo), la cual puede ser explicada por contacto con productos químicos ácidos provenientes de las sustancias químicas utilizadas en la fumigación agrícola, y/o la utilización de polímeros de silicona en el punto de unión entre el tren y la piel de la aeronave.

3.2 Mantenimiento

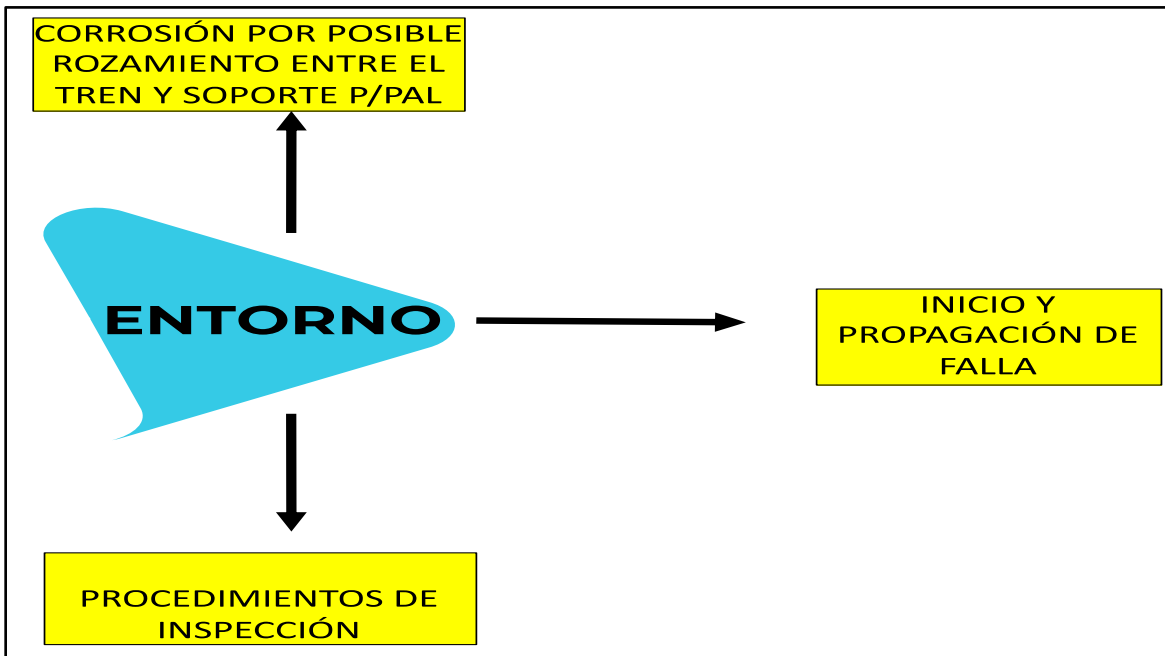


Imagen No. 12. Factores relacionados con el mantenimiento.

Durante el análisis de falla de material se identificó una corrosión intergranular por picadura y por hendidura, que, quizás, no fue tratada adecuadamente durante el mantenimiento.

La empresa cumple en su totalidad el programa de mantenimiento en sus aeronaves, en lo relacionado con los tiempos estipulados y con estándares de calidad eficientes y confiables; sin embargo, no se observó un procedimiento de inspección específico que permitiera la identificación de este tipo de corrosiones en las zonas de ajuste y sujeción de los trenes.

Durante la inspección de campo, el investigador a cargo solicitó realizar una prueba al personal de mantenimiento del operador, consistente en hacer una comprobación del torque aplicado al soporte principal del tren "chapa".

Durante la comprobación, se identificó una incorrecta aplicación del procedimiento de ajuste, pues el personal de mantenimiento nunca liberó el torque inicial, sino que, al contrario aplicó el ajuste sugerido sobre el torque inicial existente.

Esta técnica constituye una acción incorrecta de mantenimiento, teniendo en cuenta que al aplicar un ajuste sobre otro ajuste se genera un aumento de fuerzas en un solo punto de la pierna del tren, que puede resultar en fatiga de material por sobre cargas.

De otra parte, la naturaleza de operación del tren contribuyó al nacimiento de la corrosión, al presentarse el efecto *SCALLOPING*.

EL efecto *SCALLOPING* se produce cuando se utilizan torques o ajustes excesivos e inadecuados, generando a largo plazo daños en los materiales, ocasionando corrosión y, por defecto, fatigas en el material.

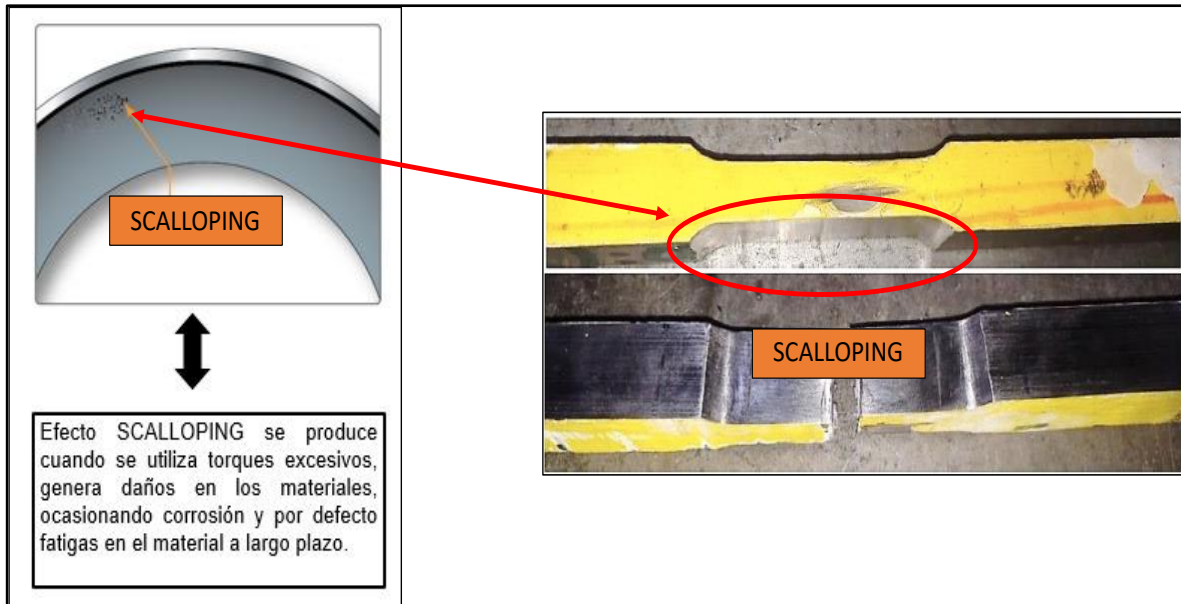


Imagen No. 13. Identificación de efecto Scalloping.

Esto quiere decir que durante las prácticas de mantenimiento para la remoción e instalación o comprobación de ajuste del tren principal de aterrizaje, de acuerdo con el manual del fabricante, se utilizaron ajustes mayores o inapropiados, aumentando exponencialmente el estrés al material.

El Manual de Mantenimiento de la aeronave no contempla un tiempo de vida útil para el reemplazo de los trenes de aterrizaje, ni para el cumplimiento de pruebas no destructivas, para controlar la condición general de los trenes.

El capítulo de trenes de aterrizaje el fabricante enfatiza el reemplazo de las tuercas y pernos que sostienen el eje que soportan las ruedas del tren.



Imagen No. 14. identificación de partes tren de aterrizaje.

4. CONCLUSIÓN

4.1 Conclusiones

El Piloto se encontraba apto, con exámenes médicos y operacionales vigentes.

La aeronave estaba aeronavegable; para el momento del accidente, tenía cumplido los servicios de mantenimiento de acuerdo con el manual del fabricante.

El manual de mantenimiento del fabricante no establece un tiempo límite de operación para las piernas de los trenes de aterrizaje.

La empresa no cuenta con un procedimiento de control de tiempo de vida / operación de los trenes de aterrizaje, bien sea por ciclos u horas de operación.

Durante el mantenimiento de la aeronave especialmente en los servicios de mantenimiento de 200 horas o más, el manual direcciona al personal de mantenimiento a inspeccionar y verificar los ajustes en los pernos que sostienen las piernas a los soportes principales.

Se evidenció que se aplicaba una incorrecta acción durante la instalación de los trenes de aterrizaje, o en la verificación de ajustes realizados en el servicio de mantenimiento.

Es así como, posiblemente, el personal de mantenimiento aplicó torques mayores a la resistencia de los pernos del tren de aterrizaje, afectando la resistencia mecánica, que a su vez generó un desplazamiento de los esfuerzos a las zonas críticas del tren.

De otra parte, aunque el Manual de Mantenimiento de la aeronave contiene procedimientos de control para la corrosión, no especifica la práctica de una inspección a los trenes de aterrizaje de nivel 2, en la cual se apliquen pruebas no destructivas, con el fin de conocer la condición general de los trenes de aterrizaje.

Aunque la empresa cumple el programa de mantenimiento para el control de corrosión a las estructuras de la aeronave, no cuenta con un procedimiento de inspección requerida (RII) que garantice la identificación de posibles puntos críticos de corrosión.

Partículas de elementos tales como Cloro y Azufre, que normalmente están contenidos en los productos químicos utilizados en la fumigación, impregnaron partes del tren de aterrizaje de la aeronave, en su operación continua.

No se encontró que el operador tuviese políticas y procedimientos para que se efectuara una frecuente limpieza o lavado a las aeronaves con el fin de eliminar los contaminantes químicos provenientes de los productos de fumigación, y que afectan directamente las estructuras metálicas de la aeronave.

Estas condiciones:

- La posible aplicación de torque excesivo en los pernos del tren de aterrizaje.
- La generación de corrosión por las condiciones de operación, especialmente la acumulación de químicos en los componentes del tren.
- Y la falta de procedimientos de inspección por corrosión,

crearon una corrosión por picadura y hendidura en la pierna del tren de aterrizaje izquierdo, que afectó directamente el material base, en este caso el acero, haciendo que decreciera considerablemente la resistencia mecánica del material.

Como resultado de la corrosión creada en la sección anclaje o sucesión del tren de aterrizaje, se creó una fractura frágil por el alto nivel de nitrógeno acumulado dentro del material generando así una fractura interna progresiva.

La fractura fue aumentando de acuerdo con la naturaleza de operación del tren de aterrizaje, cuya función es “absorción de energía cinética durante el despegue y aterrizaje”.

Poco después de iniciar el rodaje, la propagación de la energía cinética hizo que aumentara sustancialmente la fractura hasta que se fracturó por completo la pierna del tren izquierdo.

Como consecuencia de la fractura del tren izquierdo, la aeronave sufrió daños importantes.

El Piloto resultó ileso.

4.2 Causa(s) probable(s)

Fractura total de la pierna izquierda del tren principal de aterrizaje como consecuencia de una corrosión mal tratada durante los procesos de mantenimiento, y, probablemente, haber soportado varios eventos de aterrizajes fuertes, *hard landings*.

4.3 Factores Contribuyentes

Posibles acciones incorrectas durante las prácticas de mantenimiento “Remoción e instalación de los trenes de aterrizaje”, al aplicar mayores fuerzas de torque en sus componentes.

Carencia en el Manual de Mantenimiento, de un procedimiento que controle la vida útil para este tipo de trenes de aterrizaje.

Deficientes procesos de inspección dentro del Manual del Fabricante, que no presenta un procedimiento de pruebas no destructivas a los componentes del tren de aterrizaje, que puedan garantizar su correcta y segura operación.

Deficientes procedimientos de inspección escritos en el manual de mantenimiento del fabricante que orienten al personal de mantenimiento sobre una apropiada toma de decisiones durante los procesos de reemplazo o inspección de los trenes de aterrizaje.

Insuficientes conocimientos de mantenimiento del personal de mantenimiento, para realizar los procesos de inspección, al no tener claridad sobre los tipos de corrosión que pueden afectar al material, y de las zonas de su mayor concentración.

Deficientes procedimientos de limpieza a las aeronaves, después de cada operación, ocasionando así que, contaminantes como el Cloro y el Azufre, impregnen zonas críticas de las aeronaves y de esta manera iniciar o aumentar el crecimiento de diferentes tipos de corrosión.

Posibles técnicas inadecuadas de aterrizaje que terminaron en aterrizajes fuertes, *hard landings*, que al repetirse hicieron decrecer la resistencia mecánica de los materiales del tren de aterrizaje.

4.4 Taxonomía OACI

SCF-NP: Falla o mal funcionamiento del sistema / componente, diferente a la planta motriz.

5. RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD OPERACIONAL

AL OPERADOR AÉREO

REC. 01 – 202215- 2

Revisar y mejorar los programas de mantenimiento, para que estos aseguren que se efectúe la inspección detallada después de que se realice un servicio, con el fin de prevenir incorrectos procedimientos de mantenimiento o de inspección, especialmente en lo que concierne a:

- Remoción e instalación de componentes.
- Procedimientos estándar para efectuar inspecciones visuales.
- Procedimientos estándar para determinar la vida útil de este tipo de trenes de aterrizaje.

REC. 02-202215- 2

Crear un procedimiento de aplicación de “pruebas no destructivas” para este tipo de trenes de aterrizaje, ampliamente utilizados por la Aviación Agrícola (y también la Aviación General); de esta manera se podría tener un mayor control del desgaste de sus componentes y detectar posibles daños ocultos.

REC. 03-202215 - 2

Crear un procedimiento dentro de los procedimientos estándar de operación SOP's, para que se realice una limpieza total a la aeronave después cada operación, utilizando los procedimientos descritos en el Manual del Fabricante; de esta manera se eliminan los residuos oxidantes de los productos químicos de aspersión.

REC. 04-202215 - 2

Mejorar el Manual de Entrenamiento para Mantenimiento, en lo correspondiente a los contenidos de los entrenamientos básicos y recurrentes de la empresa, para explicar e incentivar el empleo de prácticas estándar en mantenimiento, como por ejemplo, la aplicación correcta de los torques en todos los sistemas de sujeción de la aeronave.

REC. 05-202215 - 2

Incluir en los cursos iniciales y recurrentes de las tripulaciones, y en cursos específicos, el conocimiento y repaso de los siguientes aspectos de la operación, que son clave para la conservación del material aeronáutico:

- Cálculo de Peso y Balance y determinación de datos de despegue, ascenso y aterrizaje.
- Adecuadas técnicas de aproximación y aterrizaje para evitar los aterrizajes fuertes.
- Cultura del reporte de eventos anormales, indicaciones anormales, operación por fuera de límites, aterrizajes fuertes.

A LA SECRETARIA DE AUTORIDAD AERONÁUTICA DE LA AERONÁUTICA CIVIL

REC. 06-202215 - 2

Dar a conocer el presente informe de investigación a los operadores de Aviación Agrícola, para que apliquen las recomendaciones, según sea pertinente, y se tenga en cuenta dicho informe para mejorar los sistemas de Gestión de Seguridad Operacional.



DIRECCIÓN TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES

Av. Eldorado No. 103 – 15, Piso 5º.

investigacion.accide@aerocivil.gov.co

Tel. +(57) 601 2963186

Bogotá D.C. – Colombia