

Informe técnico

IN-019/2022

Incidente ocurrido el 31 de marzo de 2022 a la aeronave Boeing 737-8AS matrícula EI-DLC, operada por Ryanair, en el aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas

El presente informe no constituye la edición en formato imprenta, por lo que puntualmente podrá incluir errores de menor entidad y tipográficos, aunque no en su contenido. Una vez que se disponga del informe maquetado y del Número de Identificación de las Publicaciones Oficiales (NIPO), se procederá a la sustitución del avance de informe final por el informe maquetado.

ADVERTENCIA

El presente informe es un documento técnico que refleja el punto de vista de la Comisión de Investigación de Accidentes e Incidentes de Aviación Civil en relación con las circunstancias en que se produjo el evento objeto de la investigación, con sus causas probables y con sus consecuencias.

De conformidad con lo señalado en el art. 5.4.1 del Anexo 13 al Convenio de Aviación Civil Internacional; y según lo dispuesto en los arts. 5.6 del Reglamento (UE) nº 996/2010, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de octubre de 2010; el art.15 de la Ley 21/2003, de Seguridad Aérea; y los arts. 1 y 21.2 del R.D. 389/1998, esta investigación tiene carácter exclusivamente técnico y se realiza con la finalidad de prevenir futuros accidentes e incidentes de aviación mediante la formulación, si procede, de recomendaciones que eviten su repetición. No se dirige a la determinación ni al establecimiento de culpa o responsabilidad alguna, ni prejuzga la decisión que se pueda tomar en el ámbito judicial. Por consiguiente, y de acuerdo con las normas señaladas anteriormente la investigación ha sido efectuada a través de procedimientos que no necesariamente se someten a las garantías y derechos por los que deben regirse las pruebas en un proceso judicial.

Consecuentemente, el uso que se haga de este informe para cualquier propósito distinto al de la prevención de futuros accidentes puede derivar en conclusiones e interpretaciones erróneas.

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| ADVERTENCIA | 1 |
| ÍNDICE | 2 |
| ABREVIATURAS | 3 |
| Sinopsis | 5 |
| 1. INFORMACIÓN SOBRE LOS HECHOS | 7 |
| 1.1. Reseña del incidente | 7 |
| 1.2. Lesiones a personas | 8 |
| 1.3. Daños sufridos por la aeronave | 8 |
| 1.4. Otros daños | 8 |
| 1.5. Información sobre el personal | 8 |
| 1.6. Información sobre la aeronave | 9 |
| 1.7. Información meteorológica | 11 |
| 1.8. Ayudas para la navegación | 12 |
| 1.9. Comunicaciones | 12 |
| 1.10. Información de aeródromo | 12 |
| 1.11. Registradores de vuelo | 13 |
| 1.12. Información sobre los restos de la aeronave | 15 |
| 1.13. Información médica y patológica | 17 |
| 1.14. Incendio | 17 |
| 1.15. Aspectos relativos a la supervivencia | 17 |
| 1.16. Ensayos e investigaciones | 17 |
| 1.17. Información organizativa y de dirección | 21 |
| 1.18. Información adicional | 21 |
| 1.19. Técnicas de investigación especiales | 22 |
| 2. ANÁLISIS | 23 |
| 2.1. Operación de la aeronave. | 23 |
| 2.2. Rotura de la llanta | 23 |
| 2.3. Mantenimiento de la llanta. | 24 |
| 3. CONCLUSIÓN | 25 |
| 3.1. Constataciones | 25 |
| 3.2. Causas / Factores contribuyentes | 25 |
| 4. RECOMENDACIONES | 26 |

ABREVIATURAS

| | |
|---------|---|
| ° | Grados |
| AAIB | Comisión de Investigación de Accidentes Aéreos de Reino Unido (Air Accidents Investigation Branch) |
| AOC | Certificado de explotador de servicios aéreos (air operator certificate) |
| ATPL(A) | Licencia de piloto de transporte de línea aérea (airline transport pilot licence) |
| CMM | Manual de mantenimiento del componente (component maintenance manual) |
| CPL(A) | Licencia de piloto comercial (commercial pilot licence) |
| CVR | Registrador de la voz en el punto de pilotaje (cockpit voice recorder) |
| FDR | Registrador de datos de vuelo (flight data recorder) |
| ft | Pie(s) (feet) |
| g | Aceleración de la gravedad. |
| h | Hora(s) |
| hPa | Hectopascal |
| IAA | Autoridad de Aviación de Irlanda (Irish Aviation Authority) |
| IFR | Reglas de vuelo por instrumentos (instrument flight rules) |
| kg | Kilo(s) |
| km | Kilómetro(s) |
| kt | Nudo(s) |
| METAR | Informe meteorológico ordinario de aeródromo (en clave meteorológica aeronáutica) |
| N1 | Velocidad del compresor de baja presión |
| NTSB | Comisión de Investigación de Accidentes Aéreos de Estados Unidos (National Transportation Safety Board) |
| OACI | Organización de Aviación Civil Internacional. |
| QAR | Registrador de acceso rápido (quick access recorder) |
| SMS | Sistema de Gestión de Seguridad (safety management system) |

| | |
|-----|--|
| UK | Reino Unido (United Kingdom) |
| UTC | Tiempo universal coordinado (coordinated universal time) |

Informe técnico

IN-019/2022

| | |
|------------------------------------|--|
| Propietario y operador: | Ryanair. |
| Aeronave: | BOEING 737-8AS, EI-DLC (Irlanda). |
| Fecha y hora del incidente: | 31 de marzo de 2022 a las 21:40 UTC ¹ . |
| Lugar del incidente: | Calle de rodadura M25 del aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas. |
| Personas a bordo: | 6 (tripulación), 153 (pasajeros). |
| Tipo de operación: | Transporte aéreo comercial – Regular – Internacional – De pasajeros. |
| Fase de vuelo: | Rodadura desde pista. |
| Reglas de vuelo: | IFR. |
| Fecha de aprobación: | 19 de diciembre de 2023. |

Sinopsis

Resumen:

El jueves 31 de marzo de 2022 a las 21:33 h, la aeronave Boeing 737-8AS con matrícula EI-DLC, operada por Ryanair, aterrizó por la pista 32R del aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas proveniente del aeropuerto de Brindisi (Italia).

Durante la fase de rodadura desde la pista hasta la plataforma, la aeronave sufrió la rotura del buje de la rueda izquierda del tren de aterrizaje principal izquierdo, quedando detenida en la calle de rodadura M25.

Debido a que la rotura de la rueda imposibilitaba el movimiento de la aeronave tanto por sus propios medios como remolcada, fue necesario sustituir la rueda en la calle de rodadura.

Una vez sustituida la rueda, la aeronave fue remolcada hasta un puesto de estacionamiento del aeropuerto.

No hubo daños personales.

La investigación ha determinado que la causa del incidente fue la rotura del buje de la semillanta interna de la rueda izquierda del tren de aterrizaje principal izquierdo de la aeronave debido a la propagación de una grieta de fatiga con origen en una picadura de corrosión.

Se considera factor contribuyente el hecho de que las instrucciones para la revisión mayor de la rueda contenidas en la revisión 10 del CMM (vigente en el momento del incidente) no eran suficientes para garantizar la integridad de la llanta durante su vida útil.

¹ Salvo que se indique lo contrario, todas las horas son UTC. Para obtener la hora local equivalente, se han de sumar 2 horas a la hora UTC.

No se emiten recomendaciones de seguridad.

1. INFORMACIÓN SOBRE LOS HECHOS

1.1. Reseña del incidente

El jueves 31 de marzo de 2022 a las 21:33 h, la aeronave Boeing 737-8AS con matrícula EI-DLC, operada por Ryanair, aterrizó por la pista 32R del aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas proveniente del aeropuerto de Brindisi (Italia).

El aterrizaje se realizó con frenado automático y con el empuje inverso al ralentí.

Según la información recabada, el primer oficial, que actuaba como piloto a los mandos durante la toma, no percibió ningún comportamiento anormal de la aeronave durante la carrera de aterrizaje.

Cuando la aeronave se encontraba aún rodando por la pista 32R a unos 80 kt, el capitán tomó los controles de la aeronave y aplicó suavemente los frenos (lo cual desactivó el frenado automático) para tomar la primera calle de salida de la pista 32R (calle de salida K5).

Una vez que la aeronave abandonó la calle de salida K5 para incorporarse a la calle de rodadura KA4, el capitán percibió que la desaceleración que experimentaba la aeronave era mayor de lo normal, por lo que aplicó empuje a los motores.

Mientras continuaba con la rodadura por las calles KC y M27, la tripulación observó que la velocidad de la aeronave no era coherente con el nivel de empuje de los motores, teniendo en cuenta el peso de la aeronave y las condiciones exteriores existentes (según informó la tripulación, con un nivel de empuje del 40% en ambos motores la velocidad de rodadura solo era de 18 kt -20 kt). No obstante, todas las indicaciones de cabina eran normales.

Tras concluir que la aeronave presentaba una resistencia al avance anómala, la tripulación cortó los gases del motor y la aeronave se detuvo rápidamente sin necesidad de frenar en la calle de rodadura M25.

Acto seguido, sobre las 21:40 h, la tripulación contactó con personal de Ryanair para exponerles la situación.

Sobre las 22:16 h, el personal de Ryanair llegó hasta la aeronave y, tras solicitar a la tripulación que apagaran los motores, se acercaron a inspeccionar el tren de aterrizaje.

La inspección visual por parte del personal de Ryanair reveló que la rueda izquierda del tren principal de aterrizaje izquierdo estaba desalineada y tocando contra el cuerpo del freno, imposibilitando el movimiento de la aeronave, de manera que era necesario sustituir la rueda afectada para poder mover la aeronave.

Una hora y cuarenta minutos después de que la tripulación contactara con personal de Ryanair para exponerles la situación, los pasajeros fueron desembarcados y trasladados en jardineras a la Terminal 1. La tripulación abandonó la aeronave a las 23:40 h, mientras el personal de Ryanair aún trabajaba sobre la aeronave, y fueron llevados también a la Terminal 1.

Los trabajos de reparación terminaron a las 23:50 h y la aeronave pudo ser remolcada hasta a un puesto de estacionamiento del aeropuerto.

No se produjeron daños personales.

1.2. Lesiones a personas

| Lesiones | Tripulación | Pasajeros | Total en la aeronave | Otros |
|-------------------|-------------|-----------|----------------------|-------|
| Mortales | - | - | - | - |
| Lesionados graves | - | - | - | - |
| Lesionados leves | - | - | - | - |
| Ilesos | 6 | 153 | 159 | - |
| TOTAL | 6 | 153 | 159 | - |

1.3. Daños sufridos por la aeronave

La aeronave sufrió la rotura del buje de la semillanta interna de la rueda izquierda del tren principal de aterrizaje izquierdo, lo cual, además, causó daños adicionales a distintas partes de la llanta y del freno.

1.4. Otros daños

No se produjeron otros daños.

1.5. Información sobre el personal

- Capitán:

El día del incidente, el capitán tenía 32 años.

Estaba en posesión de la licencia de piloto de transporte de línea aérea de avión (ATPL) y habilitación de tipo B737 300-900, válida hasta el 31 de marzo de 2023.

Estaba en posesión del certificado médico clase 1, con validez hasta el 30 de septiembre de 2022.

Completó el entrenamiento inicial el 5 de junio de 2013 y el entrenamiento específico de capitán el 31 de marzo de 2017.

Su experiencia total era de 6810 horas y 6612 horas en el tipo.

- Primer oficial:

El día del incidente, el primer oficial tenía 43 años.

Estaba en posesión de la licencia de piloto comercial de avión (CPL) y habilitación de tipo B737 300-900, válida hasta el 31 de diciembre de 2022.

Estaba en posesión del certificado médico clase 1, con validez hasta el 13 de septiembre de 2022.

Completó el entrenamiento inicial el 31 de diciembre de 2018.

Su experiencia total era de 1999 horas, de las cuales 1798 horas las había realizado en el tipo.

1.6. Información sobre la aeronave

1.6.1. Información general sobre la aeronave:

- Marca: BOEING.
- Modelo: 737-8AS.
- Año de fabricación: 2005.
- Número de serie: 33586.
- Masa máxima al despegue: 66990 kg².
- Masa máxima al aterrizaje: 65317 kg³.
- Tipo de motor: CFM56-7B26/3.
- Información relativa al operador: Ryanair.

La aeronave BOEING 737-8AS con matrícula EI-DLC y número de serie 33586 es una aeronave de transporte de pasajeros de corto-medio radio propulsada por dos turbofán.

La aeronave disponía de certificado de matrícula y de aeronavegabilidad emitidos respectivamente en 2014 y en 2008 por la autoridad de aviación de Irlanda (IAA).

El certificado de revisión de la aeronavegabilidad de la aeronave era válido hasta el 4 de diciembre de 2022 (segunda prórroga).

La aeronave acumulaba 49866:54 horas de vuelo y 29592 ciclos en el momento del incidente.

1.6.2. Información sobre el tren de aterrizaje de la aeronave:

La aeronave BOEING 737-8AS dispone un tren de aterrizaje retráctil tipo triciclo. Cada una de las dos patas del tren principal dispone de dos ruedas, las cuales pueden girar de forma independiente.

Cada una de las ruedas del tren de aterrizaje principal está compuesta por el neumático y por la llanta, la cual se compone, a su vez, de dos semillantas (semillanta interna y semillanta externa), unidas entre sí mediante tornillos. Cada una de las semillantas aloja un rodamiento cónico en su buje.

Asimismo, cada rueda del tren principal tiene un sistema de frenos hidráulicos, de tipo diferencial. El freno se aloja en el interior de la semillanta interna.

² Valor obtenido del registro de matrículas de la autoridad de aviación de Irlanda.

³ Valor obtenido de Ryanair.

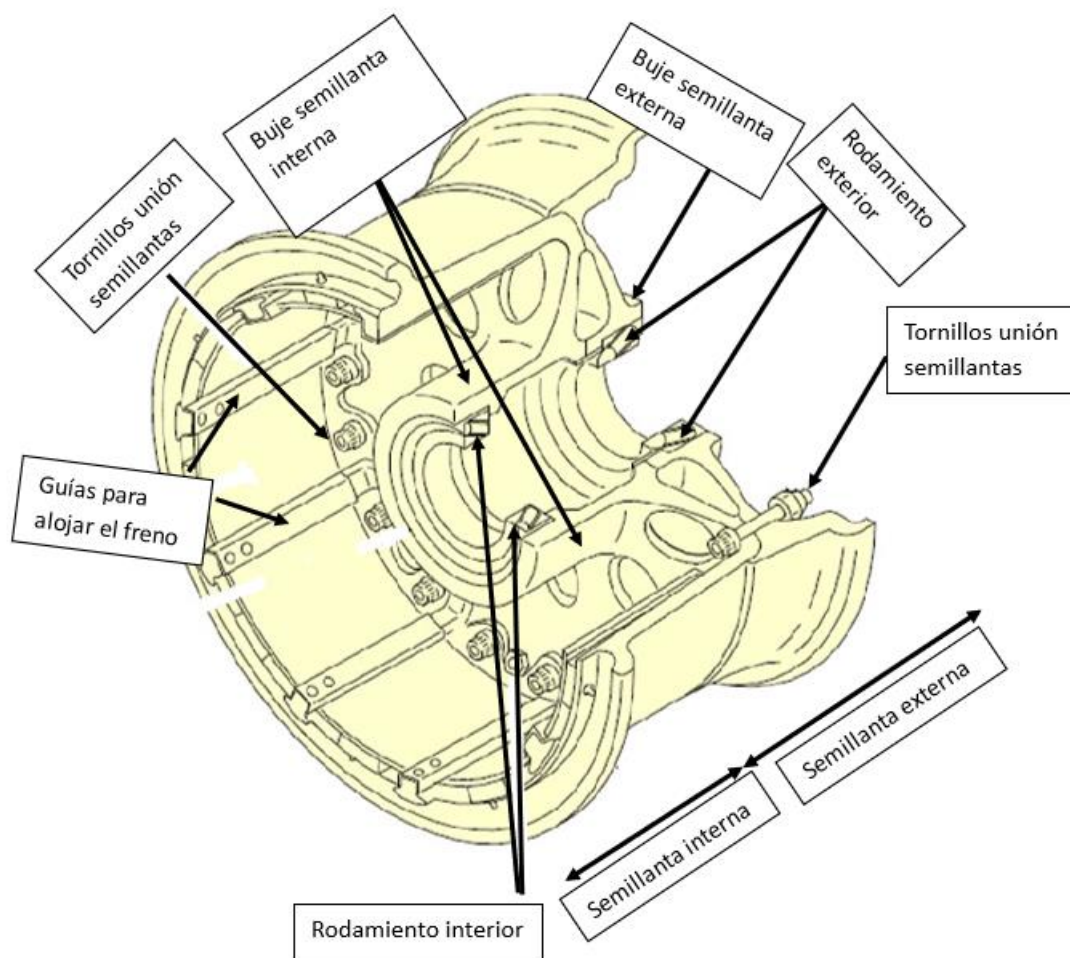


Figura 1 – Croquis de la llanta de las ruedas del BOEING 737-8AS.

1.6.3. Información relacionada con las directrices de mantenimiento del fabricante de las llantas (Honeywell) con relación a la revisión mayor:

La siguiente información acerca de la revisión mayor de las llantas, la cual se considera de interés para la investigación, ha sido extraída de la revisión 10 del CMM elaborado por Honeywell (el cual estaba vigente el día del incidente):

- Como norma general, es necesario llevar a cabo una revisión mayor de la llanta cada 24 meses o 1800 ciclos.
- Se destaca la siguiente tarea de mantenimiento por tratarse de una inspección en un área anexa al área en la que se produjo la rotura (ver figura 7). Se trata de una inspección por ensayos no destructivos de la zona interior del alojamiento del rodamiento del buje de la semillanta interior:
 - Inspección NDT de la semillanta interior y de la semillanta exterior (código 32-40-14-000-025-A01): Cuando se desmonte la pista del rodamiento, usar corrientes inducidas, inspección por ultrasonidos o líquidos penetrantes para examinar el alojamiento del rodamiento. Se debe

realizar cada cambio de neumático y en cada revisión mayor si y solo si se desmonta la pista del rodamiento de la semillanta⁴.

1.6.4. Información relacionada con la llanta fracturada:

La llanta fracturada (P/N 2612311-1 y S/N B13557) fue fabricada en el año 2008 y acumulaba 10.996 ciclos el día del incidente.

Asimismo, la llanta facturada acumulaba 229 horas y 148 ciclos desde su montaje en la aeronave, el cual tuvo lugar con fecha 13-01-2022 tras una revisión mayor realizada con fecha 07-01-2022 en las instalaciones que el fabricante de la rueda posee en Feltham (Inglaterra, UK). La citada revisión mayor se realizó conforme a la revisión 10 del CMM.

En dicha revisión mayor, se llevaron a cabo las siguientes tareas:

- Inspección de la parte interior y de la parte exterior de las semillantas, incluyendo la inspección de los bujes, la cual a su vez incluyó la inspección ultrasónica de la zona radial del alojamiento del rodamiento.
- Inspección por corrientes inducidas de la parte interior y de la parte exterior de las semillantas.
- Inspección por líquido penetrantes de la parte interior y de la parte exterior de las semillantas.
- Inspección visual de las pistas de los rodamientos.
- Inspección de elementos adicionales de pequeño tamaño (tuercas, arandelas, tirantes, cojinetes, válvulas, sellos...).

Cabe destacar que durante la citada revisión mayor no se extrajo la pista del rodamiento del buje de la semillanta interna. Por lo tanto, dado que la pista del rodamiento no fue extraída de la semillanta, la tarea 32-40-14-000-025-A01 especificada en el punto anterior no fue realizada durante la revisión mayor.

1.7. Información meteorológica

El METAR del aeropuerto Adolfo Suarez Madrid Barajas más próximo a la hora del incidente fue el siguiente:

METAR LEMD 312130Z 31005KT 280V010 9999 FEW055 SCT070 09/05 Q1007 NOSIG

- Hora y fecha: 31 de marzo de 2022, 21:30 UTC.
- Viento: 5 nudos de intensidad. Dirección predominante de 310°. Dirección variable entre los 280° y los 10°.
- Visibilidad: Mayor a 10 km.

⁴ Según indicó el fabricante de la rueda, existen inspecciones visuales estándar de la pista del rodamiento e inspecciones por ensayos no destructivos del buje que son necesarios llevar a cabo durante la revisión mayor. A menos que el resultado de alguna de las anteriores inspecciones lo requiera, la pista del rodamiento no se extrae del buje durante las mismas.

- Nubes: Nubes escasas con base a 5500 ft (1ª capa). Nubes dispersas con base a 7000 ft (2ª capa).
- Temperatura: 9 °C.
- QNH: 1007 hPA.
- Ausencia de cambios significativos durante el período de pronóstico.

Por lo tanto, las condiciones meteorológicas no eran limitativas para la operación.

1.8. Ayudas para la navegación

No aplicable.

1.9. Comunicaciones

No aplicable.

1.10. Información de aeródromo

El aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas está situado al noreste de la ciudad de Madrid, a una elevación de 1998 ft sobre el nivel del mar.

El aeropuerto dispone de cuatro pistas paralelas dispuestas dos a dos.

El incidente se produjo en la calle de rodadura M25, la cual está situada junto a la plataforma de la terminal T4S.

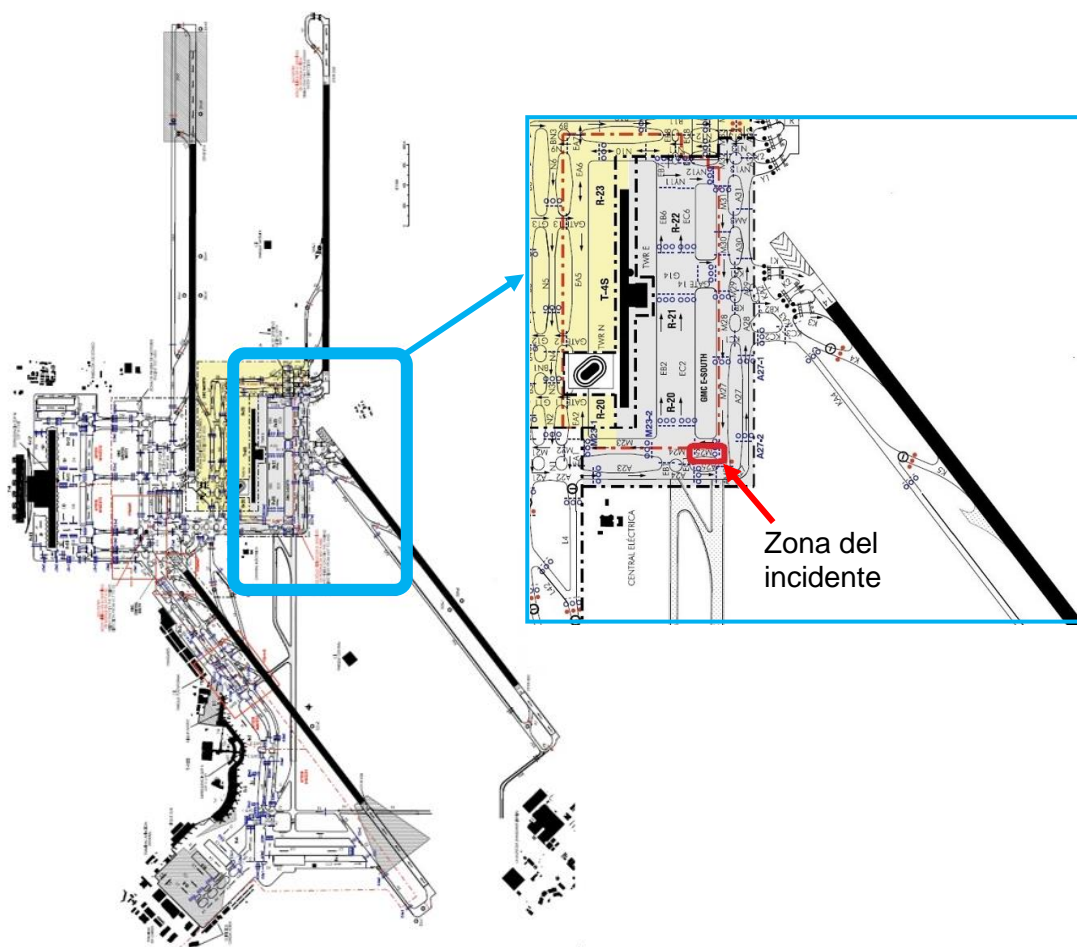


Figura 2 – Plano del aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas y zona del incidente.

1.11. Registradores de vuelo

No se pudieron obtener los datos del CVR ni del FDR dado que ya habían sido regrabados cuando se solicitaron.

No obstante, se pudieron obtener los datos registrados por el QAR, los cuales fueron proporcionados por el operador.

Se indica a continuación la información más relevante:

- No se observó ningún dato reseñable al respecto de los parámetros registrados durante la rodadura y despegue en el aeropuerto de origen.
- El peso de la aeronave al despegue fue de 66700 kg.
- El peso de la aeronave al aterrizaje fue de 60000 kg.
- La aceleración vertical de la aeronave registrada en la toma fue de +1,2 g.

- La aeronave aterrizó a una velocidad⁵ de aproximadamente 135 kt. Se desplegaron los spoilers y las reversas (quedándose al ralentí). También se activó el frenado automático.
- La aeronave abandonó la pista por la calle de salida K5 (ya con el frenado automático desactivado) a una velocidad de aproximadamente 48 kt.
- La aeronave recorrió la calle de salida K5 y se incorporó a la calle de rodadura KA4. Durante la rodadura por esta calle, la velocidad fue de 16 kt y el N1 de los motores fue de aproximadamente 35%. No se accionaron los frenos en ningún momento.
- La aeronave viró hacia la calle de rodadura KC a una velocidad de 9 kt y el N1 de los motores fue aproximadamente del 40%. Mientras la aeronave recorrió KC se alcanzó un máximo de 42% de N1 y una velocidad de 11 kt.
- La aeronave viró para incorporarse a la calle de rodadura M27. El viraje se hizo a una velocidad de 10 kt y un N1 del 37%.
- Mientras la aeronave rodaba por M27 alcanzó una velocidad máxima de 16 kt con un 37% de N1.
- La aeronave viró para incorporarse a la calle de rodadura M25. La velocidad era de 9 Kt, y fue disminuyendo durante el viraje hasta los 4 kt. A medida que se reducía la velocidad, el N1 fue aumentando hasta el 39 %.
- Durante la rodadura por M25 la velocidad de la aeronave no sobrepasó los 2 kt y el N1 de los motores era prácticamente del 40%. En esta calle de rodadura se produjo la parada definitiva de la aeronave.

En la siguiente figura se muestra la trayectoria seguida por la aeronave en base a los datos anteriores:

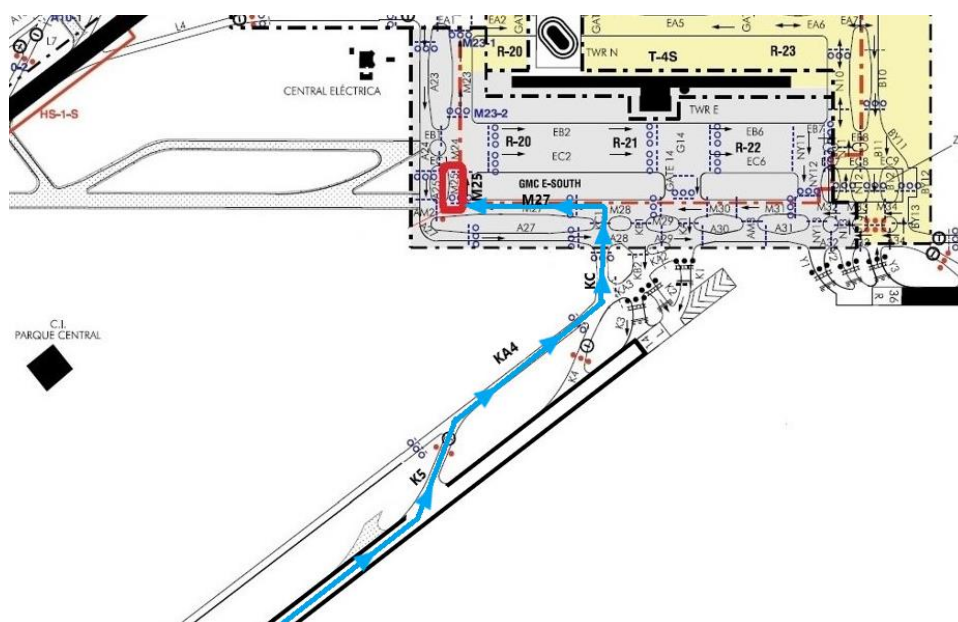


Figura 3 – Rodadura de la aeronave por el aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas.

⁵ Todas las velocidades mencionadas en este apartado son velocidades respecto al suelo.

1.12. Información sobre los restos de la aeronave

La aeronave quedó detenida en la calle de rodadura M25 del aeropuerto Adolfo Suárez Madrid – Barajas debido a la rotura de la rueda izquierda del tren de aterrizaje principal izquierdo. Dicha rotura imposibilitó el movimiento de la aeronave tanto por sus propios medios como por remolcado, de manera que fue necesario por parte del personal de Ryanair la sustitución de la rueda a pie de calle de rodadura.

Tras los trabajos de sustitución de la rueda dañada, el personal de ingeniería de Ryanair de Madrid presentó un informe vía SMS interno de Ryanair especificando los trabajos realizados a pie de calle de rodadura sobre la aeronave y las anomalías halladas.

La información más relevante del citado informe fue la siguiente:

- La rueda izquierda del tren de aterrizaje principal izquierdo estaba desalineada e interfería con el freno.
- Se desmontó la rueda izquierda del tren de aterrizaje principal izquierdo. Se observó que el buje de la semillanta interior estaba completamente destruido, encontrándose parte del mismo unido a la semillanta y la otra parte roto y desprendido en distintos fragmentos.
- Se encontraron daños considerables en el freno.
- No se encontraron daños en el eje de la rueda, ni en la tuerca, ni en la arandela.

Asimismo, se recibieron las siguientes fotografías, las cuales fueron tomadas justo después del incidente por el personal de Ryanair durante la realización de los trabajos de sustitución de la rueda:



Figura 4 – Tren principal de aterrizaje izquierdo.



Figura 5 – Parte externa e interna de la rueda afectada.



Figura 6 – Roturas asociadas a la rueda afectada.

En la figura 4 se puede observar que la rueda izquierda se encontraba desalineada con relación a la rueda derecha.

En la figura 5 se puede observar el estado de la semillanta externa e interna de la rueda. Se puede apreciar la parte del buje que quedó adherida a la semillanta.

En la figura 6 se puede observar la parte del buje de la semillanta interna que se desprendió de la rueda (rota en varios fragmentos) así como el rodamiento de la semillanta interior y su pista.

1.13. Información médica y patológica

No aplicable.

1.14. Incendio

No se encontraron rastros de incendio en vuelo.

1.15. Aspectos relativos a la supervivencia

No aplicable.

1.16. Ensayos e investigaciones

El estudio llevado a cabo por el fabricante de la rueda acerca de la rotura concluyó lo siguiente:

- Los fragmentos del buje de la semillanta interna estudiados presentaban varias roturas de carácter radial y de carácter circunferencial.
- La rotura primaria fue provocada por una grieta de fatiga con origen en una de las esquinas del chaflán existente entre el alojamiento del rodamiento y la superficie de sellado del buje de la semillanta interna. El análisis de la zona donde se originó la grieta determinó la existencia de corrosión. Dicha grieta estaba presente en una de las superficies de rotura radial.
- Se observaron signos de rotura por sobrecarga en el resto de las superficies de rotura radial y en las superficies de rotura circunferencial.
- El rodamiento interno y el rodamiento externo podían girar libremente y apenas presentaban daños.
- Se detectó la existencia de una segunda grieta en desarrollo en otra sección del buje de la semillanta interna. Los trabajos de laboratorio determinaron que esta grieta en desarrollo tenía el mismo origen y se propagaba con las mismas características que la grieta que provocó la rotura primaria.

En la siguiente figura se muestra un croquis de la llanta donde se indica la zona en la que se produjo la rotura:

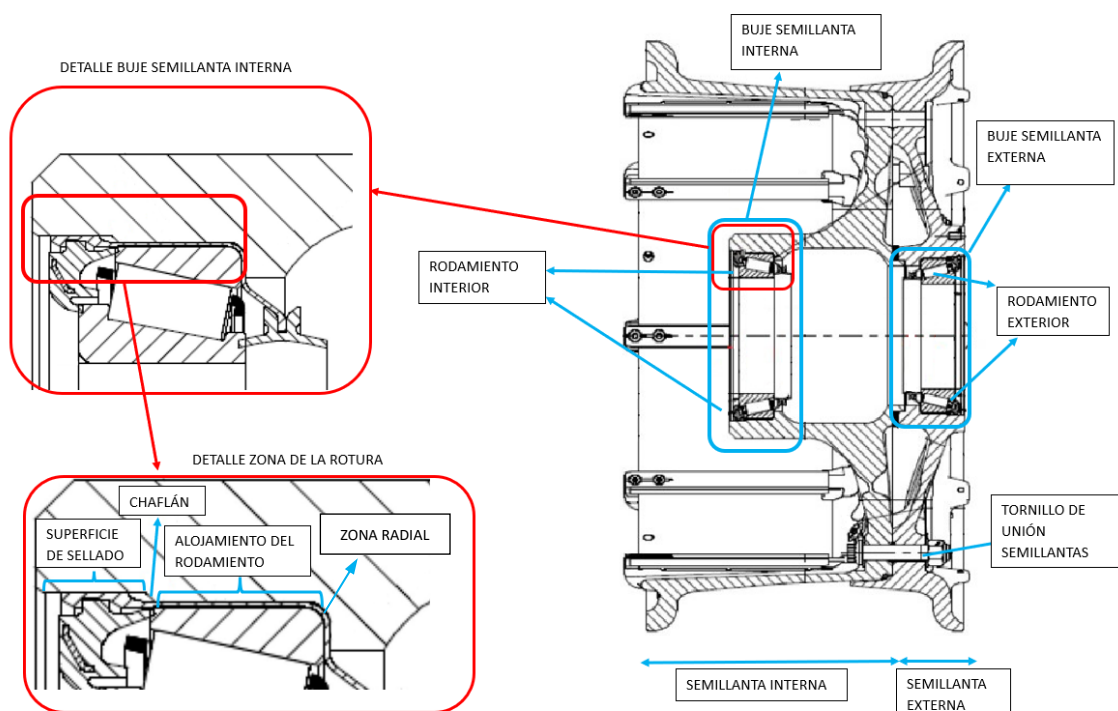


Figura 7 – Croquis de la llanta mostrando la zona donde se originó la rotura.

Se muestra a continuación la información y unas imágenes proporcionadas por el fabricante de la rueda relativas a la inspección y análisis de la rotura que llevó a cabo.

Con relación a las siguientes figuras, en la figura 8 se puede apreciar los fragmentos del buje de la semillanta interna que fueron estudiados por el laboratorio. Por su parte, en la figura 9 se puede observar con detalle el mayor de los fragmentos estudiados.

En ambas figuras, las flechas rojas señalan las roturas de carácter radial, mientras que las flechas amarillas señalan las roturas de carácter circunferencial. La flecha verde señala marcas de desgaste en la parte exterior del buje.

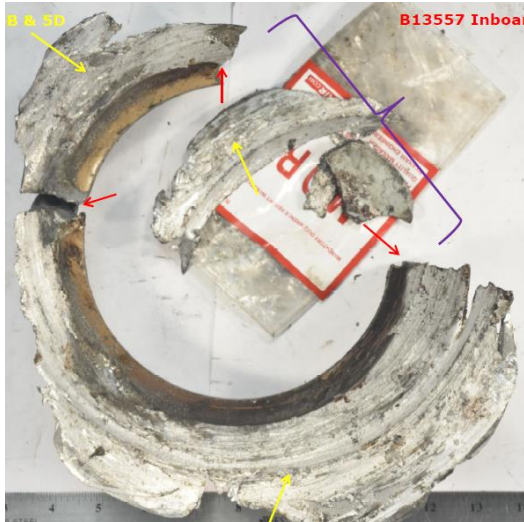


Figura 8 – Fragmentos del buje de la semillanta interna estudiados por el laboratorio.

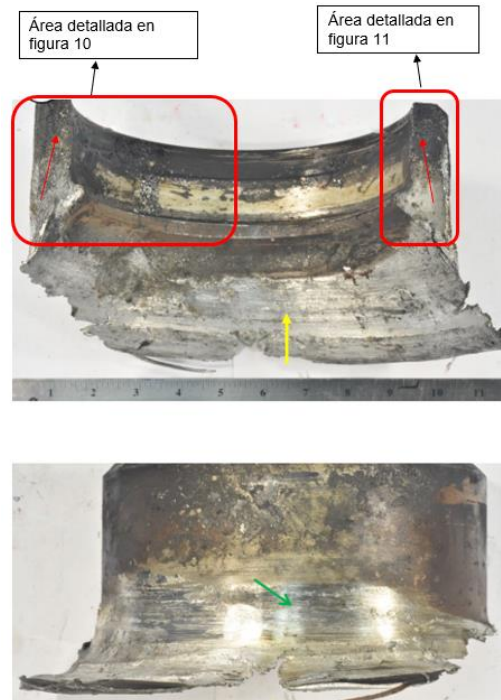


Figura 9 – Vista interior y exterior del mayor de los fragmentos del buje de la semillanta interna.

En las siguientes figuras (figuras 10 y 11) se muestra en detalle las dos superficies de fractura radial del mayor de los fragmentos del buje. En la figura 10 también se puede apreciar la presencia de la otra grieta en desarrollo, mencionada al principio del apartado (la cual se detallará en la figura 12). Asimismo, en la figura 11 se señala con un corchete rojo el área del chaflán existente entre el alojamiento del rodamiento y la superficie de sellado del buje de la semillanta interna en el que se localizó la grieta a fatiga que propició la rotura (la cual se detallará en la figura 13).



Figura 10 – Detalle superficie de rotura del buje de la semillanta interna (1).



Figura 11 – Detalle superficie de rotura del buje de la semillanta interna (2).

Con relación a la siguiente figura (figura 12), en la imagen A se puede observar la otra grieta detectada (grieta en desarrollo) por corrientes inducidas en otra sección del buje de la semillanta interna. Los trabajos de laboratorio determinaron que esta grieta en desarrollo tenía el mismo origen y se propagaba con las mismas características que la grieta que provocó la rotura primaria. Las imágenes C y D muestran la zona donde se encontró la corrosión y su extensión aproximada.

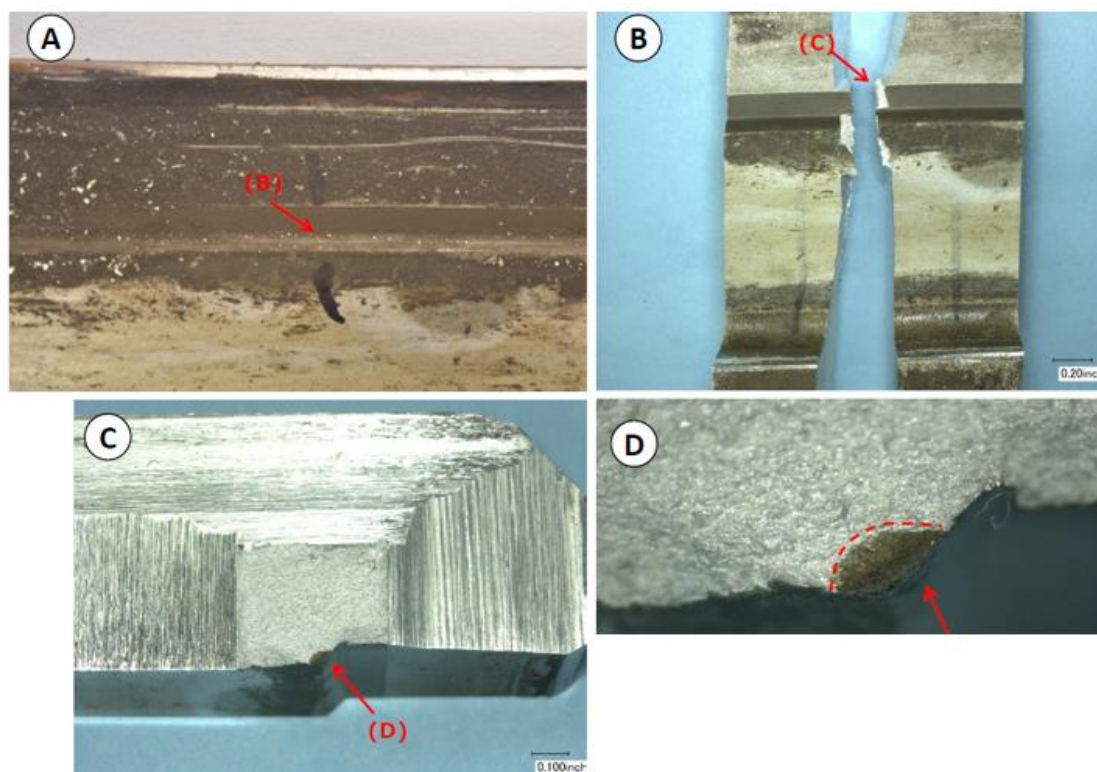


Figura 12 – Detalle de la otra grieta existente en otra sección del buje con el mismo origen y características que la grieta que provocó la rotura primaria.

En la siguiente figura (figura 13) se puede apreciar una imagen que detalla la superficie de fractura en la que se localizó la grieta a fatiga que propició la rotura. Se observaron características de fractura típicas de fatiga, con origen en el área del chaflán situado entre el alojamiento del rodamiento interno y la superficie de sellado. La línea roja discontinua delimita la extensión aproximada de la zona expuesta a fatiga.

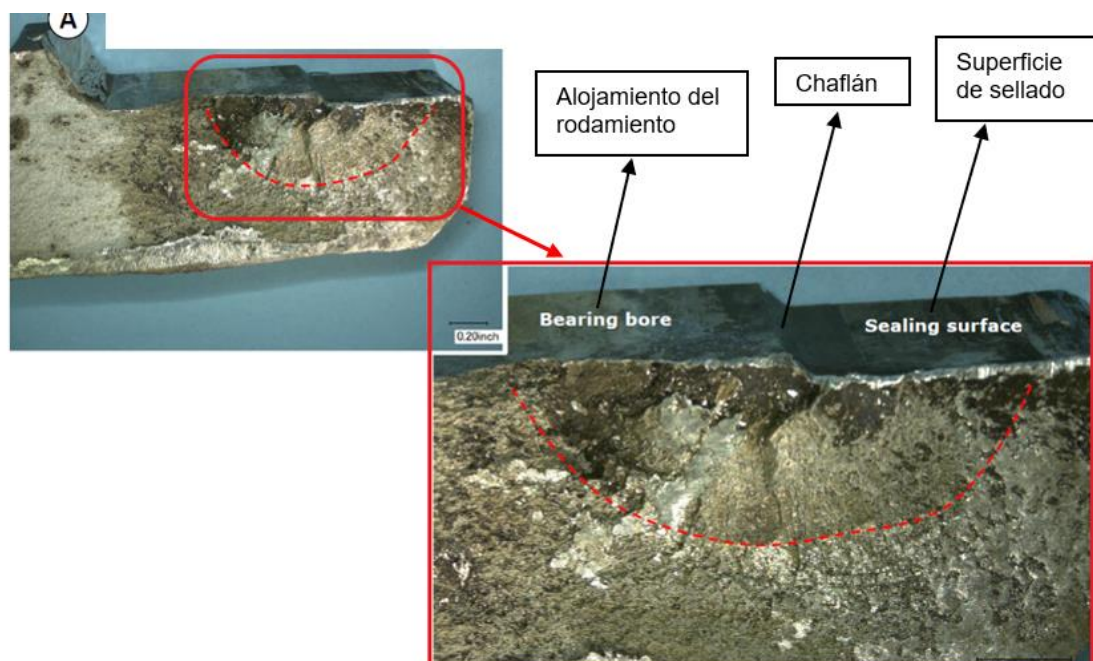


Figura 13 – Detalle de la superficie de fractura.

Además del análisis macrofractográfico de la rotura descrito anteriormente, se llevó también a cabo un estudio microfractográfico con microscópico electrónico de barrido (SEM), que confirmó todo lo expuesto en este apartado.

Por último, durante el estudio anterior también se comprobó que el material del que estaba fabricado la llanta (aluminio 2014) no presentaba defectos ni anomalías.

1.17. Información organizativa y de dirección

Ryanair es una compañía aérea de transporte comercial con AOC expedido por la autoridad de aviación de Irlanda (IAA). El AOC incluía a la aeronave del incidente.

1.18. Información adicional

Entre agosto de 2021 y marzo de 2022, Ryanair experimentó cinco sucesos similares al incidente objeto de estudio, de los cuales solamente uno fue objeto de una investigación formal en el marco del Anexo 13 de OACI.

Dicho suceso investigado ocurrió el 17 de marzo de 2022 a la aeronave Boeing 737-8AS con matrícula EI-ENF, operada por Ryanair, en el aeropuerto de Manchester. La investigación fue llevada a cabo por el AAIB⁶.

Se presenta a continuación los puntos del informe que son más relevantes:

⁶ https://assets.publishing.service.gov.uk/media/63905c79e90e071dfff6de05/Boeing_737-8AS_EI-ENF_01-23.pdf

- Mientras la aeronave rodaba por el aeropuerto tras el aterrizaje, se produjo la rotura de la rueda exterior del tren principal de aterrizaje izquierdo de la aeronave.
- El análisis realizado por el departamento de ingeniería del operador determinó que se produjo la rotura del buje de la semillanta interna de la rueda izquierda del tren principal de aterrizaje izquierdo.
- El análisis de la rotura realizado por el fabricante de la rueda determinó que el buje de la semillanta interna había roto radialmente por cuatro zonas. De estas cuatro roturas, tres estaban asociadas a un fenómeno de sobrecarga. La otra rotura se asoció a la presencia de una grieta de fatiga con origen en una picadura con corrosión situada en el chaflán del buje de la semillanta interna.
- A raíz de este incidente ocurrido en el aeropuerto de Manchester el 17 de marzo de 2022, el fabricante de la rueda desarrolló una técnica de inspección ultrasónica para localizar grietas en la zona del buje, la cual fue incorporada por el operador en su programa de mantenimiento para la flota de aeronaves BOEING 737-8AS

En base a la información proporcionada por el fabricante de la rueda, la citada inspección ultrasónica, la cual debe llevarse a cabo cada segundo cambio de neumático, ya ha sido incluida en una nueva revisión del CMM (revisión 13).

1.19. Técnicas de investigación especiales

No aplicable.

2. ANÁLISIS

Durante la investigación se llevó a cabo el análisis de los siguientes puntos:

- Operación de la aeronave.
- Rotura de la llanta.
- Mantenimiento de la llanta.

2.1. Operación de la aeronave.

En base a los datos expresados en el punto 1.11, se considera que los parámetros asociados a la rodadura y al despegue en el aeropuerto de origen, y al aterrizaje en el aeropuerto de destino, estuvieron dentro de los parámetros normales de operación, por lo que se considera que la operación de la aeronave no tuvo influencia alguna en el incidente.

Durante la rodadura en el aeropuerto de destino, se puede observar la falta de coherencia entre la potencia aplicada a los motores y la velocidad de rodadura, lo cual es compatible con el hecho de que la rueda izquierda del tren de aterrizaje principal izquierdo presentaba mucha dificultad para rodar debido a la rotura del buje de la semillanta interna, la cual se había producido en algún momento desde que la aeronave abandonó la pista.

2.2. Rotura de la llanta.

Tal y como se ha expuesto en el Título 1, se produjo una rotura en la llanta de la rueda izquierda del tren de aterrizaje principal izquierdo de la aeronave. En concreto, la rotura se localizó en el buje de la semillanta interna.

El informe elaborado por el fabricante de la rueda determinó que la rotura primaria fue provocada por una grieta de fatiga con origen en una de las esquinas del chafalón existente entre el alojamiento del rodamiento y la superficie de sellado del buje de la semillanta interior, con presencia de corrosión en la zona donde se originó la grieta. Dicha grieta estaba oculta bajo la pista del rodamiento.

Tal y como se desprendió del informe realizado por el AAIB del suceso similar (ver punto 1.18), se considera que la grieta que causó la rotura primaria se originó debido a picaduras de corrosión presentes en la superficie del material.

De esta manera, se considera que, para el caso que nos ocupa, la rotura primaria tuvo como causa remota (mecanismo que inició el procedimiento de fallo) la presencia de picaduras de corrosión en la superficie interna del buje, y, como causa directa, la creación y posterior propagación de una grieta de fatiga hasta provocar unos daños en el material tales que produjeron la rotura súbita del buje (rotura por sobrecarga).

Por lo tanto, se considera que el proceso de fallo tuvo lugar por la creación de una grieta de fatiga en una picadura por corrosión (punto débil de la superficie de la pieza donde se concentran tensiones), la cual fue creciendo a lo largo de tiempo debido a la naturaleza variable de las cargas a las que se ven sometidas las llantas de las ruedas. La grieta continuó creciendo a lo largo del tiempo hasta alcanzar un tamaño crítico,

momento en el cual el buje rompió de forma súbita por sobrecarga cuando la llanta no fue capaz de resistir los esfuerzos a las que se vio sometida.

2.3. Mantenimiento de la llanta.

En primer lugar, según el CMM de Honeywell, es necesario realizar la revisión mayor cada 24 meses o 1800 ciclos. Dado que, la llanta facturada acumulaba 229 horas y 148 ciclos desde último montaje, el cual tuvo lugar con fecha 13-01-2022 tras una revisión mayor con fecha 07-01-2022, se puede afirmar que la llanta estaba al día con las tareas de mantenimiento.

En segundo lugar, tal y como se ha especificado en el punto 1.6, existe una tarea del CMM (revisión 10) que se realiza durante la revisión mayor (código 32-40-14-000-025-A01) que tiene como objetivo detectar defectos y anomalías en una zona anexa a la zona en la que se produjo la rotura. No obstante, dicha tarea no se llevó a cabo durante la revisión mayor de la llanta que tuvo lugar poco más de dos meses antes de incidente. El motivo por el cual no se llevó a cabo es que la pista del rodamiento no fue extraída de la semillanta, ya que, según indicó el fabricante de la rueda, a menos que el resultado de las inspecciones visuales estándar de la pista del rodamiento e inspecciones por ensayos no destructivos del buje que son necesarios llevar a cabo durante la revisión lo requiera, la pista del rodamiento no ha de extraerse del buje durante la revisión mayor.

En tercer lugar, teniendo en cuenta:

- Los periodos concebidos para la revisión mayor (24 meses / 1800 ciclos).
- Que las roturas por fatiga se caracterizan por ser una rotura de carácter progresivo, en las que el material va sufriendo un daño gradual durante su servicio a lo largo del tiempo, por lo que, generalmente, este tipo de fallos puede ser detectado antes de llegar a la rotura catastrófica mediante técnicas adecuadas de revisión y mantenimiento (por ejemplo, ensayos no destructivos).
- La proximidad del área a inspeccionar asociada a la tarea 32-40-14-000-025-A01 del CMM (revisión 10) con el área en la que se produjo la rotura.

se considera que es muy probable que la grieta se hubiera detectado de haber llevado a cabo la tarea con código 32-40-14-000-025-A01.

Por lo tanto, se considera que las instrucciones para la revisión mayor de la rueda contenidas en la revisión 10 del CMM (vigente en el momento del incidente) no eran suficientes para garantizar la integridad de la llanta durante su vida útil. No obstante, no se emitirá recomendación de seguridad al respecto, dado que el fabricante de la rueda impulsó unas medidas mitigadoras como consecuencia del incidente mencionado en el punto 1.18. El detalle de dichas medidas mitigadoras se incluye en el Título 4.

3. CONCLUSIÓN

3.1. Constataciones

- Los parámetros obtenidos del QAR relativos a la operación de la aeronave durante las fases de rodadura hacia pista y despegue en el aeropuerto de origen y de aterrizaje en el aeropuerto de destino se ajustaron a los márgenes normales de operación.
- El análisis de la rotura realizado por el fabricante de la rueda determinó la existencia de fatiga y de corrosión en una de las superficies de fractura.
- El análisis de la rotura realizado por el fabricante de la rueda determinó la existencia de una grieta de fatiga en desarrollo y de corrosión en el buje de la semillanta interna. Los trabajos de laboratorio determinaron que esta grieta en desarrollo tenía el mismo origen y se propagaba con las mismas características que la grieta que provocó la rotura primaria.
- El material del que estaba fabricado la llanta (aluminio 2014) no presentaba defectos ni anomalías
- No se realizó la tarea de inspección del CMM (revisión 10) con código 32-40-14-000-025-A01 durante la última revisión mayor.
- La llanta estaba al día respecto al mantenimiento prescrito por el fabricante de la rueda.
- El 17 de marzo de 2022, otra aeronave Boeing 737-8AS operada por Ryanair sufrió el mismo incidente en el aeropuerto de Manchester. La investigación llevada a cabo por el AAIB determinó la presencia de una grieta de fatiga con origen en una picadura con corrosión situada en el chaflán del buje de la semillanta interna.

3.2. Causas / Factores contribuyentes

La investigación ha determinado que la causa del incidente fue la rotura del buje de la semillanta interna de la rueda izquierda del tren de aterrizaje principal izquierdo de la aeronave debido a la propagación de una grieta de fatiga con origen en una picadura de corrosión.

Se considera factor contribuyente el hecho de que las instrucciones para la revisión mayor de la rueda contenidas en la revisión 10 del CMM (vigente en el momento del incidente) no eran suficientes para garantizar la integridad de la llanta durante su vida útil.

4. RECOMENDACIONES

Tal y como indicó el AAIB en su informe (ver punto 1.18), el fabricante de la rueda desarrolló, a modo de medida de mitigación, una técnica de inspección ultrasónica para localizar grietas en la zona de la llanta en la que se produjo la rotura (chaflán existente entre el alojamiento del rodamiento y la superficie de sellado del buje de la semillanta interior), la cual coincide con la zona de la llanta en la que se produjo la rotura del incidente objeto de la presente investigación. En el informe del AAIB también se indicaba que esta técnica de inspección ultrasónica había sido incorporada por el operador a su programa de mantenimiento para la flota de aeronaves BOEING 737-8AS.

Para ampliar la información anterior, durante la investigación se solicitó información al fabricante de la rueda a través de la NTSB. En base a la información proporcionada, el fabricante de la rueda ya ha incluido la citada inspección ultrasónica, la cual debe llevarse a cabo cada segundo cambio de neumático, en una nueva revisión del CMM (revisión 13).

Por lo tanto, teniendo en cuenta la medida de mitigación anteriormente descrita, no se considera necesario emitir recomendaciones de seguridad.