

**República Democrática Federal de Etiopía**  
**Ministerio de Transporte**  
**Agencia de Investigación de Accidentes Aéreos**

Informe preliminar de la Agencia de Investigación de Accidentes Aéreos

Grupo Líneas Aéreas Etíopes

B737-8 (MAX) Matrícula ET-AVJ

28 NM al sudeste de Addis Ababa, Aeropuerto Internacional Bole

10 de marzo de 2019

Informe n.º AI-01/19

## PREÁMBULO

### **La Agencia de Investigación de Accidentes Aéreos de Etiopía**

La Agencia de Investigación de Accidentes Aéreos (AIB, por sus siglas en inglés) es la autoridad de investigación de Etiopía que se encuentra bajo la responsabilidad del Ministerio de Transporte de investigar los accidentes e incidentes graves de aviación civil en Etiopía.

La misión de la AIB es fomentar la seguridad operacional mediante la realización de investigaciones separadas e independientes sin influencia de ninguna medida administrativa ni judicial de acuerdo con el Anexo 13 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional.

La AIB lleva a cabo las investigaciones de conformidad con el anuncio n.º 957/16 y Anexo 13 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional, que regula cómo los Estados miembro de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) realizan las investigaciones de accidentes aéreos a nivel internacional.

El proceso de investigación incluye la recolección, registro y análisis de toda la información disponible sobre los accidentes e incidentes, determinación de las causas y/o factores contribuyentes, identificación de asuntos de seguridad operacional, emisión de recomendaciones de seguridad operacional para tratar estos asuntos de seguridad operacional, y la finalización del informe de investigación. Al llevar a cabo las investigaciones, la AIB cumplirá con el objetivo establecido de la OACI, que se define a continuación:

“El único objetivo de la investigación de un accidente o incidente será la prevención de accidentes e incidentes; el propósito de esta actividad no es determinar culpa ni responsabilidad.”

## ACRÓNIMOS

AIB	Agencia de Investigación de Accidentes Aéreos
AFM	Manual de vuelo de la aeronave
AGB	Dispositivo de accionamiento de accesorios
AGL	Sobre el nivel del suelo
AND	Aeronave con nariz abajo
ANU	Aeronave con nariz arriba
AOA	Ángulo de ataque
AP	Piloto automático
APU	Grupo electrógeno auxiliar
ATC	Control del tránsito aéreo
	Agencia de Investigación y Análisis para la Seguridad de la Aviación
BEA	Civil
CG	Centro de gravedad
CGO	Carga
CSMU	Unidad de memoria resistente al impacto
CVR	Registrador de voz de cabina
DFDR	Registrador de datos de vuelo digital
EASA	Agencia de Seguridad de la Aviación de la Unión Europea
ECAA	Autoridad de Aviación Civil de Etiopía
FAA	Administración Federal de Aviación
FCOM	Manual de operaciones de la tripulación de vuelo
FDRE	República Democrática Federal de Etiopía
GPS	Sistema mundial de determinación de posición
GPWS	Sistema de aviso de proximidad al terreno
GVI	Inspección visual general

HPC	Compresor de alta presión
HPT	Turbina de alta presión
IC	Comité de Investigación
ICAO	Organización de Aviación Civil Internacional
IFSO	Oficial de seguridad de a bordo
IIC	Investigador a cargo
LMC	Cambio de último minuto
LNAV	Navegación lateral
LPC	Compresor de baja presión
LPT	Turbina de baja presión
MLB	Libreta historial de mantenimiento
NM	Millas náuticas
NOTAM	Aviso a la navegación aérea
NTSB	Junta Nacional de Seguridad del Transporte
PAX	Pasajero
PFD	Presentación primaria de vuelo
SAR	Búsqueda y rescate
TCDS	Hoja de datos del certificado tipo
TGB	Caja de transferencia
UTC	Tiempo universal coordinado
Vmo	Velocidad máxima operativa
VNAV	Navegación vertical

## Sinopsis

El accidente fue notificado por el operador/ATC a la Agencia de Investigación de Accidentes el mismo día apenas sucedió el accidente.

Aeronave	Boeing 737-8MAX, matrícula ET-AVJ
Fecha y hora	10 de marzo de 2019 a las 05:44 UTC
Operador	Ethiopian Airlines Group
Lugar del accidente	28 NM al sudeste de Addis Abeba, Aeropuerto Internacional Bole
Tipo de vuelo	Vuelo regular de pasajeros ET-302 Addis Abeba (Ethiopia) – Jomo Kenyatta (Kenia)
Personas a bordo	Capitán; copiloto; 5 tripulación de cabina; 1 oficial de seguridad de a bordo (IFSO); 149 pasajeros de diferentes países
Consecuencias y daños	157 casos mortales; aeronave destruida

## Resumen

El 10 de marzo de 2019, a las 05:38 UTC, el vuelo de Ethiopian Airlines 302, Boeing 737-8(MAX), ET-AVJ, despegó del Aeropuerto Internacional Bole, Addis Ababa hacia Nairobi, Aeropuerto Internacional Jomo Kenyatta, Kenia. Poco después del despegue, el valor registrado del sensor del ángulo de ataque estaba erróneo y el vibrador de palanca izquierdo se activó y permaneció activo hasta casi el final del vuelo. Además, los valores de la altitud y velocidad del sistema de datos de aire izquierdo comenzó a desviarse de los valores del lado derecho correspondientes. Debido a problemas de control de vuelo, el capitán no pudo mantener la trayectoria de vuelo y solicitó regresar al aeropuerto de salida. La tripulación perdió el control de la aeronave que se estrelló a las 5: 44 UTC 28 NM al sudeste de Addis Ababa cerca del pueblo Ejere.

## Índice

Preámbulo.....	2
Acrónimos .....	3
Índice .....	6
Organización de la investigación .....	8
1 Información factual.....	9
Reseña del vuelo.....	9
1.2 Heridas a personas.....	12
1.3 Daños a la aeronave.....	12
1.4 Otros daños .....	12
1.5 Información del personal.....	13
1.5.1 Comandante.....	13
1.5.2 Copiloto.....	13
1.6 Información de la aeronave.....	14
1.6.1 General.....	14
1.6.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE VUELO DE LA AERONAVE.....	15
1.6.3 Motores .....	18
1.6.4 Registro de mantenimiento y vuelo de la aeronave.....	19
1.6.5 Peso y balanceo.....	20
1.7 Información meteorológica.....	21
1.8 Ayudas a la navegación.....	21
1.9 Comunicaciones .....	21
1.10 Información de aeródromo.....	21
1.11 Registradores de vuelo.....	22
1.11.1 Registrador de datos de vuelo digital .....	22
1.11.2 Registrador de voz de cabina.....	23
1.12 Información de los restos e impacto .....	23
1.13 Información médica y patológica .....	24
1.14 Incendio.....	24
1.15 Aspectos de supervivencia.....	24
1.16 Información de organización y gestión.....	24
1.16.1 Información del operador de la aeronave.....	24
1.16.2 Fragmentos del manual de operaciones.....	24
2 Hallazgos iniciales .....	25

3	Medidas de seguridad tomadas.....	25
4	Recomendaciones de seguridad operacional.....	25
5	APÉNDICES .....	26
	Apéndice 1 .....	26
	Apéndice 2 .....	28
	Apéndice 3 .....	30
	Apéndice 4 .....	32

## ORGANIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El domingo 10 de marzo de 2019, a alrededor de las 05:47, el Ministerio de Transporte de la FDRE y la AIB fueron informados sobre la pérdida de contacto de radar y radio con el vuelo ET 302 unos pocos minutos después del despegue desde el Aeropuerto Internacional Addis Abeba Bole.

Luego de haber establecido sin duda que la aeronave había desaparecido, las autoridades de Etiopía comenzaron una investigación técnica. De conformidad con el artículo 26 del Convenio y el Anexo 13 de la OACI "Investigación de accidentes e incidentes de aviación", se formó un Comité de Investigaciones (IC) con investigadores de la AIB de Etiopía mediante un decreto ministerial emitido por el Ministerio de Transporte para llevar a cabo la investigación técnica. Se designó un investigador a cargo (IIC) en el mismo decreto para liderar e iniciar la investigación de inmediato. Según las disposiciones del Anexo 13, en la investigación participó:

ECAA y Grupo Ethiopian Airlines - Asesor Técnico de la AIB

NTSB - Representante Acreditado Estado de Diseño y Fabricación

BEA - Representante Acreditado, Estado que brinda instalaciones y expertos para la lectura de DFDR y CVR

EASA -Asesor Técnico de la AIB

Según la decisión del Gobierno Etíope y acuerdo entre el Ministerio de Transporte de la FDRE y la Agencia de Investigación y Análisis para la Seguridad de la Aviación Civil de Francia (BEA), los DFDR y CVR fueron leídos en las instalaciones de la BEA en Le Bourget, cerca de París, Francia. Ambos registradores fueron trasladados directamente a la BEA bajo la custodia del Estado del Suceso acompañados por miembros del CI y las lecturas fueron realizadas por personal de la BEA en asociación y bajo la supervisión directa del IC. A solicitud de Etiopía y según el Anexo 13, artículo 5.23, la BEA designó un representante acreditado.

Se formaron los grupos de trabajo que se indican a continuación:

- Operaciones
- Grupo de mantenimiento y aeronavegabilidad
- Grupo motores
- Grupo de examinación de autopsia
- Grupo DFDR y CVR

Un equipo de búsqueda y rescate (SAR) realizó la búsqueda mediante la fuerza aérea etíope, el grupo Ethiopian Airlines y el servicio de vuelo Abyssinian. Las operaciones de búsqueda se realizaron en completa coordinación con la policía regional y Federal y otros entes del Gobierno.

También se decidió que las relaciones con los medios hasta la publicación del informe final de la investigación iban a ser manejadas por el Ministro del Ministerio del Transporte de la FDRE con información y datos factuales enviados mediante el IIC directamente al Ministro.

## 1 INFORMACIÓN FACTUAL

### 1.1 RESEÑA DEL VUELO

El 10 de marzo de 2019, a alrededor de las 05:44 UTC1, el vuelo 302 de Ethiopian Airlines, un Boeing 737-8 (MAX), matrícula de Etiopía ET-AVJ, se estrelló cerca de Ejere, Etiopía, poco después del despegue desde el Aeropuerto Internacional Addis Ababa Bole (HAAB), Etiopía. El vuelo era un vuelo de pasajeros internacional regular de Addis Ababa al Aeropuerto Internacional Jomo Kenyatta (HKJK), Nairobi, Kenia. Había 157 pasajeros y tripulación a bordo. Todos sufrieron heridas mortales y la aeronave fue destruida.

Lo siguiente se basa en el análisis preliminar del DFDR, CVR y comunicaciones del ATC. A medida que la investigación continúa, puede haber revisiones y cambios antes de la publicación del informe final.

A las 05:37:34, el ATC emitió permiso de despegue para el ET-302 y contactar al radar en 119.7 MHz.

La carrera de despegue comenzó de la pista 07R a una elevación del campo de 2333,5 m a aproximadamente las 05:38, con una configuración de flaps de 5 grados y una configuración de estabilizador de 5,6 unidades. La carrera de despegue pareció normal, con valores normales de ángulo de ataque (AOA) izquierdo y derecho. Durante la carrera de despegue, los motores se estabilizaron a alrededor de 94% N1, que coincidía con la referencia N1 registrada en el DFDR. Desde este punto para la mayoría del vuelo, la referencia N1 permaneció a alrededor del 94% y los acelerador no se movieron. El objetivo N1 indicó un patrón sin datos 220 segundos antes del final de los registros. Según los datos del CVR y las fuerzas de columna de control registradas en el DFDR, el capitán era el piloto volando.

A las 05:38:44, poco después del despegue, los valores de AOA izquierdos y derechos se desviaron. El AOA izquierdo disminuyó a 11,1°, luego aumentó a 35,7° mientras el valor del AOA derecho indicaba 14,94°. Luego, el valor del AOA izquierdo alcanzó 74,5° en 3/4 segundos mientras el AOA derecho alcanzó un valor máximo de 15,3°. En este momento, el vibrador de palanca izquierdo se activó y permaneció activo hasta casi el final de la grabación. Además, los valores de la palanca de cabeceo del director de vuelo, altitud y velocidad del lado izquierdo se desviaron de los valores correspondientes del lado derecho. Los valores del lado izquierdo fueron inferiores a los valores del lado derecho hasta casi el final de la grabación.

A las 05:38:43 y a alrededor de 50 pies de altitud de radio, el modo de carrera del director de vuelo cambió a LNAV.

A las 05:38:46 y a alrededor de 200 pies de altitud de radio, el parámetro de la luz general de aviso cambió el estado. El copiloto comunicó la luz general de aviso anti-hielo en el CVR. Cuatro segundos después, el parámetro de calefacción del AOA izquierdo registrado cambió el estado.

A las 05:38:58 y a una altitud de radio aproximada de 400 pies, el modo de cabeceo del director de vuelo cambió a velocidad VNAV y el capitán comunicó "Control" (comunicación estándar para el acoplamiento del piloto automático) y se registró una alerta de piloto automático.

A Las 05:39:00, el capitán comunicó "Control".

A las 05:39:01 y a una altitud de radio aproximada de 630 pies, se registró una segunda alerta de piloto automático.

---

<sup>1</sup> Todas las horas indicadas se expresan en tiempo universal coordinado (UTC), como se registra en el FDR.

A las 05:39:06, el capitán le sugirió al copiloto que contacte el radar y el copiloto informó salida SHALA 2A cruzando a 8400 pies y ascendiendo a FL 320.

Entre el despegue y 1000 pies sobre el nivel del terreno (AGL), la posición de la compensación de cabeceo se movió entre 4,9 y 5,9 unidades en respuesta a las entradas manuales de compensación eléctrica. A 1000 pies AGL, la posición del compensador de cabeceo se encontraba en 5,6 unidades.

A las 05:39:22 y a alrededor de 1000 pies, se conectó el piloto automático (AP) izquierdo (se desconectó alrededor de 33 segundos después), se replegaron los flaps y la posición del compensador de cabeceo disminuyó a 4,6 unidades.

Seis segundos después de la conexión del piloto automático, había pequeñas oscilaciones de balanceo de amplitud acompañadas por aceleración lateral, oscilaciones de timón de dirección y leves cambios de rumbo. Esas oscilaciones continuaron también después de la desconexión del piloto automático.

A las 05:39:29, el controlador de radar identificó el ET-302 y le dio la instrucción de ascender a FL 340 y cuando pudiera realizar giros a la derecha que se dirija a RUDOL y el copiloto aceptó.

A las 05:39:42, se conectó el modo de cambio de nivel. La altitud seleccionada era de 32000 pies. Poco después del cambio de modo, se configuró la velocidad seleccionada a 238 kt.

A las 05:39:45, el capitán solicitó flaps arriba y el copiloto aceptó. Un segundo después, la palanca de flap se movió de 5 a 0 grados y comenzó la retracción de flaps.

A las 05:39:50, el rumbo seleccionado comenzó a cambiar de 072 a 197 grados y en ese mismo momento el capitán le solicitó al copiloto que solicitara mantener el rumbo de la pista.

A las 05:39:55, se desconectó el piloto automático.

A las 05:39:57, el capitán le sugirió nuevamente al copiloto que solicitara mantener el rumbo de la pista y que estaban teniendo problemas de control del vuelo.

A las 05:40:00, poco después de la desconexión del piloto automático, el FDR registró nariz abajo (AND) automática de la aeronave activada durante 9,0 segundos y el compensador de cabeceo se movió de 4,60 a 2,1 unidades. El ascenso se detuvo y la aeronave descendió levemente.

A las 05:40:03 hubo alertas "NO DESCENDER" del sistema de aviso de proximidad a tierra (GPWS).

A las 05:40:05, el copiloto le informó al ATC que no estaban pudiendo mantener SHALA 1A y solicitó el rumbo de la pista que fue aprobado por el ATC.

A las 05:40:06, la posición de flap izquierdo y derecho alcanzó un valor registrado de 0,019 grados que permaneció hasta el final de la grabación.

La columna se movió hacia atrás y se reestableció un ascenso positivo durante el movimiento AND automático.

A las 05:40:12, aproximadamente tres segundos de que finalizara el movimiento del estabilizador AND el compensador eléctrico (el piloto activó los interruptores en la palanca de mando) en la

dirección de aeronave nariz arriba (ANU) se registró en el DFDR y el estabilizador se movió en la dirección ANU a 2,4 unidades. La actitud de cabeceo de la aeronave permaneció casi igual a medida que la presión trasera en la columna aumentó.

A las 05:40:20, aproximadamente cinco segundos después del final del movimiento del estabilizador ANU, sucedió un segundo caso de compensador del estabilizador AND automático y el estabilizador se movió hacia abajo y alcanzó 0,4 unidades.

Desde 05:40:23 hasta 05:40:31, hubo tres alertas “NO DESCENDER” del sistema de aviso de proximidad a tierra (GPWS).

A las 05:40:27, el capitán le informó al copiloto que compensara con él.

A las 05:40:28 se registró una compensación eléctrica manual en la dirección ANU y el estabilizador retrocedió moviéndose en la dirección ANU y luego el compensador alcanzó 2,3 unidades.

A las 05:40:35, el copiloto comunicó “falla en la compensación de estabilizador” dos veces. El capitán coincidió y el copiloto confirmó falla en la compensación de estabilizador.

A las 05:40:41, aproximadamente cinco segundos después del fin del movimiento del estabilizador ANU, ocurrió una tercera instancia de control de compensación automática AND sin ningún movimiento correspondiente del estabilizador, consistente con los interruptores de falla en la compensación de estabilizador que se encontraban en la posición “falla”.

A las 05:40:44, el capitán comunicó tres veces “ascenso brusco” y el copiloto admitió.

A las 05:40:50, el capitán le indicó al copiloto que notifique al ATC que les gustaría mantener 14.000 pies y que tienen problemas con el control de vuelo.

A las 05:40:56, el copiloto solicitó al ATC mantener 14.000 pies e informó que estaban teniendo problemas con el control de vuelo. ATC aprobó.

Desde 05:40:42 hasta 05:43:11 (alrededor de dos minutos y medio), la posición del estabilizador se movió gradualmente en la dirección AND desde 2,3 unidades hasta 2,1 unidades. Durante este momento, se aplicó fuerza a popa a las columnas de control que permanecieron a popa de posición neutral. La velocidad indicada izquierda aumentó de aproximadamente 305 kt a aproximadamente 340 kt (VMO). La velocidad indicada derecha era aproximadamente 20-25 kt superior que la izquierda.

Los datos indican que se aplicó fuerza a popa en ambas columnas simultáneamente varias veces durante el resto de la grabación.

A las 05:41:20, se registró el avisador acústico de sobrevelocidad en el CVR. Permaneció activo hasta el final de la grabación.

A las 05:41:21, se cambió la altitud seleccionada de 32000 pies a 14000 pies.

A las 05:41:30, el capitán le solicitó al piloto que se eleve con él y el copiloto aceptó.

A las 05:41:32, el aviso de sobrevelocidad izquierdo se activó y estuvo activo de forma intermitente hasta el final de la grabación.

A las 05:41:46, el capitán le preguntó al copiloto si el compensador estaba funcional. El copiloto respondió que el compensador no estaba funcionando y preguntó si lo podía probar de forma manual. El capitán le dijo que probara. A las 05:41:54, el copiloto respondió que no estaba funcionando.

A las 05:42:10, el capitán preguntó y el copiloto solicitó control radar un vector para regresar y el ATC aprobó.

A las 05:42:30, el ATC le indicó a ET-302 que gire a la derecha con rumbo 260 grados y el copiloto aceptó.

A las 05:42:43, el rumbo seleccionado cambió a 262 grados.

A las 05:42:51, el copiloto mencionó luz general de aviso anti-hielo. La luz general de aviso se registró en el DFDR.

A las 05:42:54, ambos pilotos comunicaron “álabe alfa izquierdo”.

A las 05:43:04, el capitán le solicitó al copiloto que eleven juntos y dijo que el cabeceo no era suficiente.

A las 05:43:11, alrededor de 32 segundos antes del final de la grabación, a aproximadamente 13.400<sup>2</sup> pies, se registran dos entradas de compensación eléctrica manual momentarias en la dirección ANU. El estabilizador se movió en la dirección ANU de 2,1 unidades a 2,3 unidades.

A las 05:43:20, aproximadamente cinco segundo después de la última entrada de compensación eléctrica manual, sucedió un control de compensación automático AND y el estabilizador se movió en la dirección AND de 2,3 a 1,0 unidad en aproximadamente 5 segundos. La aeronave comenzó a inclinarse nariz abajo. Se aplicó fuerza de columna a popa simultánea adicional, pero la inclinación nariz abajo continuó, y finalmente alcanzó 40° nariz abajo. La posición del estabilizador varió entre 1,1 y 0,8 unidades durante el resto de la grabación.

La velocidad indicada izquierda aumentó, finalmente alcanzando aproximadamente 458 kt y la velocidad indicada derecha alcanzó 500 kt al final de la grabación. La última altitud de presión registrada fue 5419 pies a la izquierda y 8399 pies a la derecha.

## 1.2 HERIDAS A PERSONAS

Heridas	Tripulación de vuelo	Pasajeros	Total en la aeronave	Otros
Mortales	8	149	157	-
Graves	-	-	-	-
Leves	-	-	-	-
Ninguna	-	-	-	-
TOTAL	8	149	157	-

## 1.3 DAÑOS A LA AERONAVE

La aeronave está completamente destruida.

## 1.4 OTROS DAÑOS

Ningún otro daño.



## 1.5 INFORMACIÓN DEL PERSONAL

### 1.5.1 COMANDANTE

De acuerdo con los registros de Ethiopian Airlines, el capitán tiene la siguiente experiencia de vuelo:

- Horas totales: 8122
- Horas totales en B737: 1417
- Horas totales en B737-8 MAX: 103
- Tiempo de vuelo en los últimos 90 días: 266 horas y 9 minutos
- Tiempo de vuelo en los últimos 7 días: 17 horas y 43 minutos
- Tiempo de vuelo en las últimas 72 horas: no hay tiempo de vuelo

El comandante tenía 29 años. Según los registros de la Autoridad de Aviación Civil de Etiopía (ECAA), la experiencia de instrucción en simulador más reciente del capitán fue el 30 de septiembre de 2018, y su verificación de competencia en simulador más reciente fue el 1 de octubre de 2018. El capitán completó la Academia de Aviación de Etiopía el 23 de julio de 2010. Una revisión de los registros de instrucción del capitán indicó que recibió su habilitación tipo como copiloto 737-800 el 31 de enero de 2011 y completó su habilitación tipo PIC para 737-800 el 26 de octubre de 2017. La instrucción de diferencias de 737MAX fue el 3 de julio de 2018.

El comandante está habilitado como copiloto de los siguientes tipos de aeronaves: B737-7/800, B767/757, B777 y B787. Como comandante, está habilitado en B737-7/800 y B737MAX.

La licencia ECAA del piloto le permitió trabajar como comandante en operaciones de transporte aéreo comercial en un Boeing 737-7/800 (con fecha el 26 de octubre de 2017) y Boeing 737 MAX (con fecha el 3 de julio de 2018).

El piloto tenía un certificado médico de primera clase sin limitaciones con fecha el 12 de diciembre de 2018. Una revisión del examen médico que resultó en la emisión de este certificado no mostró deficiencias en la visión o audición, y en la solicitud del certificado el piloto declaró que no estaba tomando medicamentos con o sin receta. No informó ningún problema de salud.

### 1.5.2 COPILOTO

De acuerdo con los registros de Ethiopian Airlines, el copiloto tiene la siguiente experiencia de vuelo:

- Horas totales: 361
- Horas totales en B737: 207
- Horas totales en B737-8 MAX: 56
- Tiempo de vuelo en los últimos 90 días: 207 horas y 26 minutos
- Tiempo de vuelo en los últimos 7 días: 10 horas y 57 minutos
- Tiempo de vuelo en las últimas 72 horas: 5 horas y 25 minutos

El copiloto tenía 25 años. De acuerdo con los registros de ECAA, el suceso de simulador más reciente del copiloto se indicó como una verificación de competencia y ocurrió el 3 de diciembre de 2018. Su instrucción/verificación de línea (realizada en la aeronave B737) se completó el 31 de enero de 2019.

La licencia ECAA del copiloto le permitió trabajar como copiloto en operaciones de transporte aéreo comercial en Boeing 737-7/800 (con fecha el 12 de diciembre de 2018) y Boeing 737 MAX (con fecha el 12 de diciembre de 2018).

El copiloto tenía un certificado médico de primera clase sin limitaciones con fecha el 30 de julio de 2018. Una revisión del examen médico que resultó en la emisión de este certificado no mostró deficiencias en la visión o audición, y en la solicitud del certificado el piloto declaró que no estaba tomando medicamentos con o sin receta. No informó ningún problema de salud.

## 1.6 INFORMACIÓN DE LA AERONAVE

### 1.6.1

#### GENERAL

El 737-8 (MAX) es un transporte jet de ala baja, con pasillo único de cuerpo angosto, con una configuración de unidad de cola convencional, con dos motores Leap-1B CFM turboventilador de desviación altos montados sobre pilones por debajo de las alas. La aeronave fue fabricada por Boeing Commercial Aircraft y es la cuarta generación de las series 737. De acuerdo con el sitio web de The Boeing Company, la aeronave fue diseñada para transportar 162-178 pasajeros, dependiendo de la configuración de los asientos. El 737-8 MAX fue lanzado el 30 de agosto de 2017 y con certificado tipo de la FAA el 8 de marzo de 2017.

ET-AVJ era una aeronave 737-8 MAX de transporte y pasillo único configurado en una disposición multiclase de 160 pasajeros fabricado por The Boeing Company y enviado a Ethiopian Airlines el 15 de noviembre de 2018. La aeronave tenía dos motores turboventilador LEAP-1B fabricados por CFM International. La aeronave tenía 1330,3 horas con un total de 382 ciclos al momento del accidente.

Número de matrícula: ET-AVJ

Número de serie de la aeronave:

62450

Fabricante de la aeronave: Boeing Commercial Aircraft

Modelo: 737-8 (MAX)

Fabricante del motor: CFM International

Modelo del motor: LEAP-1B28B1G05

Año de fabricación: 2018

Tipo de la aeronave: Multimotor de ala fija

Tipo del motor:

Turboventilador Categoría de la aeronave: Transporte

Número de motores: 2

Disposición de asientos: Multiclase

160

Peso máximo de despegue:

82.190 kg Tiempo total:

1330,3 horas Ciclos totales:

382

Propietario de la aeronave: Ethiopian Leasing  
(5-737) LTD

Dirección: C/O WALKERS CORPORATE LIMITED, CAYMAN CORPORATE CENTER, 27 HOSPITAL  
ROAD, GEORGE TOWN, GRAND CAYMAN KY1-9008, CAYMAN ISLANDS

Operador de la aeronave: Ethiopian Airlines Group

Dirección: Bole International Airport P.O. Box 1755 Addis Ababa, Etiopía

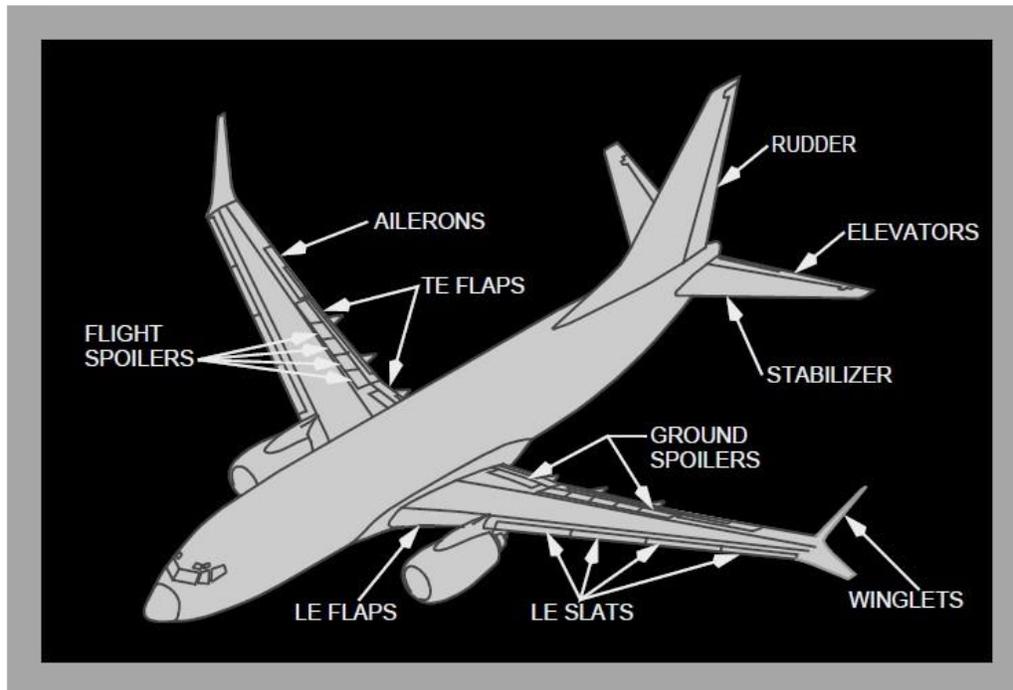
Número de certificado del operador: CATO-01/270295

## 1.6.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE VUELO DE LA AERONAVE

### Introducción

El sistema principal de control de vuelo usa pedales, columna y rueda de control convencional vinculado de manera mecánica con unidades de control de potencia hidráulica que comanda las superficies primarias de control de vuelo; alerones, elevadores y timón. Los controles de vuelo están alimentados por recursos hidráulicos redundantes; sistema A y sistema B.

### Flight Control Surfaces Location



### Controles del piloto

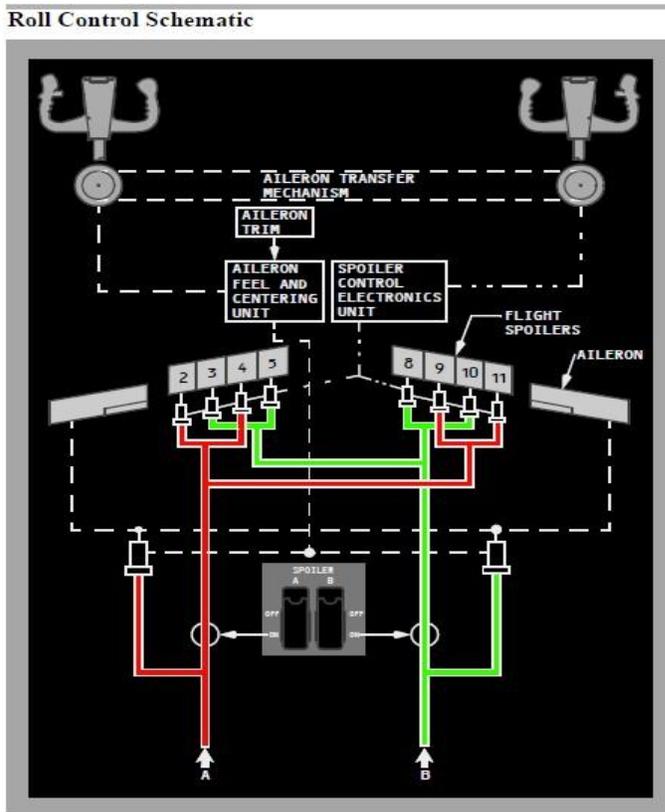
Los controles del piloto consisten en: Las columnas y ruedas están conectados mediante mecanismos de transferencia que permiten a los pilotos desviar un control bloqueado. Existe una conexión rígida entre ambos pares de pedales de timón. La palanca de FRENADO DE VELOCIDAD permite la actuación simétrica manual o automática de los spoilers.

- Dos columnas de control; dos ruedas de control; dos pares de pedales de timón
- Palanca de FRENADO DE VELOCIDAD; palanca de FLAP

- Interruptores de falla de COMPENSACIÓN DEL ESTABILIZADOR; interruptor de anulación de COMPENSACIÓN DEL ESTABILIZADOR
- Interruptores de compensación del estabilizador; rueda de compensación del estabilizador
- Interruptores de compensación de ALERONES; control de compensación de TIMÓN; interruptor de AMORTIGUADOR DE GUIÑADA
- Interruptor maestro de FLAPS ALTERNATIVOS; interruptor de posición de flaps alternativos
- Interruptores de CONTROL FLT; interruptores de SPOILER de vuelo

### Control de balanceo

Las superficies de control de balanceo consisten en spoilers de vuelo y alerones alimentados en forma hidráulica y controlados por la rotación de cualquier rueda de control.



### Control de cabeceo

Las superficies de control de cabeceo consisten en elevadores impulsados hidráulicamente y un estabilizador impulsado eléctricamente. Los elevadores se controlan con un movimiento hacia adelante o hacia atrás de la columna de comandos de vuelo. El estabilizador se controla con un compensador automático o manual.

(Imagen: esquema del control de cabeceo)

### Elevadores

Los elevadores proporcionan control de cabeceo alrededor del eje lateral de la aeronave. Los elevadores se posicionan con las columnas de comandos de vuelo del piloto.

### Sistema de compensador de Mach

Un sistema de compensador de Mach proporciona estabilidad de velocidad en los números más altos de Mach. La compensación de Mach se logra automáticamente por encima de los .615 Mach al ajustar los elevadores de acuerdo con el estabilizador a medida que la velocidad aumenta.

### **Estabilizador**

El estabilizador horizontal se posiciona con un motor de compensador eléctrico controlado a través de interruptores del compensador del estabilizador en el volante de control o a través del compensador automático. El estabilizador también se puede posicionar al rotar manualmente el volante de compensación del estabilizador.

### **Compensación del estabilizador**

Los interruptores de compensación del estabilizador de cada volante de control accionan el motor del compensador eléctrico a través del circuito de compensación del estabilizador eléctrico principal cuando la aeronave se vuela de forma manual. Con el piloto automático conectado, la compensación del estabilizador se logra a través del circuito de compensación del estabilizador automático. La compensación del estabilizador automática y eléctrica principales tienen dos modos de velocidad: velocidad alta con flaps extendidos y velocidad baja con flaps retraídos. Si el piloto automático está conectado, accionar cualquier par de interruptores de compensación del estabilizador desactiva automáticamente el piloto automático. Los volantes de compensación del estabilizador rotan cada vez que se acciona la compensación del estabilizador.

El interruptor de parada del STAB TRIM PRI y el interruptor de parada del STAB TRIM B/U están ubicados en el panel de mando. Si alguno de los interruptores está posicionado en CUTOOUT, tanto las entradas del compensador automático como del eléctrico principal se desconectan del motor de compensación del estabilizador.

Los interruptores de parada de compensación del estabilizador accionados en la columna de comandos de vuelo detienen la operación del compensador eléctrico principal y del automático cuando el movimiento de la columna de comandos de vuelo es opuesto a la dirección de compensación. Cuando el interruptor de anulación del STAB TRIM está posicionado en OVRD (anulación), se puede utilizar el compensador eléctrico sin importar la posición de la columna de comandos de vuelo.

### **1.6.3 MOTORES**

Los motores del accidente fueron CFM LEAP-1B28B1, turbosoplantes de flujo axial, con rotor dual, y de alto índice de derivación. El motor consta de tres unidades: un compresor de baja presión (LPC), un motor central, y una turbina de baja presión (LPT). El motor central está formado por una turbina bifásica de alta presión (HPT) que acciona el compresor de alta presión de diez fases (HPC). El ventilador integrado de cuatro fases y el compresor de baja presión (motor auxiliar) es accionado por una LPT de cinco fases. La cámara de combustión de tipo anular aumenta la velocidad de descarga de aire del HPC para accionar las turbinas de alta y baja presión. Un sistema de accionamiento auxiliar proporciona los requisitos de accionamiento para los accesorios de montaje de motor y es accionado por el módulo de alta presión. El sistema de accionamiento auxiliar incluye dos submódulos que se pueden quitar o instalar a nivel del motor, la caja de engranajes auxiliar (AGB) y la caja de engranaje de transferencia (TGB).

Según la hoja de datos del certificado tipo de la FAA del motor (TCDS) E00088EN, Revisión 4, con fecha del 30 de noviembre de 2018, el motor tiene un índice de empuje de despegue máximo de 29.317 libras de tarifa fija, 1 a 86° F (30°C) y un índice de empuje continuo máximo de 28.690 libras de tarifa fija de 77°F (25°C).

Ambos motores fueron encontrados enterrados en el suelo a aproximadamente 10 metros de profundidad. Para tener acceso a los restos enterrados (motores, estructura y componentes de la aeronave), se utilizaron retroexcavadoras para sacar los restos del área alrededor del punto de impacto.

La investigación de campo no halló evidencia de ningún suceso de falta de contención (componentes del motor expulsados del lado del motor), o cualquier otra anomalía con cualquier motor que hubiera impedido la operación normal. La evidencia de la investigación de campo indicó que los carretes de LP y HP de ambos motores estaban rotando, evidencia de compresión axial de alta velocidad de ambos motores, y el motor estaba funcionando a potencia en el momento del impacto. A continuación hay un resumen del uso del motor:

Fabricante: CFM International

Tipo / modelo: LEAP-1B28B1

Número de serie del motor 1: 602722

Tiempo desde nuevo: 1330 horas

Ciclos desde la instalación: 382 ciclos

Ciclos desde nuevo: 382 ciclos

Número de serie del motor 2: 602695

Tiempo desde nuevo: 1330 horas

Ciclos desde la instalación: 382 ciclos

Ciclos desde nuevo: 382 ciclos

### **1.6.4 REGISTRO DE MANTENIMIENTO Y DE VUELO DE LA AERONAVE**

**Informe preliminar de la Agencia de Investigación de Aviación** El mantenimiento a la APU se revisó recientemente en los últimos 39 vuelos desde el 26 de febrero de 2019 hasta el 9 de marzo de 2019 (el vuelo anterior al vuelo del accidente). Además, los registros se revisaron para el control IA realizado a principios de febrero.

Durante los 39 vuelos previos, el MLB citó en particular que: La salida de potencia del compartimiento de vuelo de PC del capitán no tenía potencia; el cilindro de oxígeno de la tripulación fue reemplazado por baja presión; y la APU no arrancaba. Lastres ediciones condujeron a medidas de mantenimiento y no volvieron a suceder.

Además, se revisó el MLB a mayor nivel para todos los vuelos hasta el vuelo de entrega en noviembre de 2018. Las medidas de mantenimiento se realizaron a principios de diciembre de 2018 se incluyeron reseñas sobre velocidad irregular temporal y fluctuaciones de altitud, así como un informe de la aeronave rodando durante la operación en piloto automático y una indicación de velocidad vertical y de altitud en el PFD mostró una indicación irregular y exagerada. Las medidas de mantenimiento se realizaron y ninguna se volvió a reportar.

Ref. de registro	Fecha	DEP	ARR	Reseñas	Medida de rectificación
24640	10 de diciembre, 2018	LAD	ADD	La indicación del altímetro del lado del capitán mostró irregularmente un descenso y un nivel más bajo y una indicación normal a FL380.	El BITE (equipo de prueba incorporado) en OMF no muestra fallas relacionadas. GVI realizado para puertos estáticos, no se encontraron daños. El BITE realizado en FMC por fallas ADIRU, no se encontró ninguna. OPC (control de operación) realizado de acuerdo con AMM 34-21-00-710-806; prueba aprobada.
24628	7 de diciembre, 2018	LAD	ADD	Durante la aproximación a 1000' AGL el A/C empieza a alabear hacia la derecha con el piloto automático activado.	BITE realizado en FMC CDU (DFCS); no se encontraron fallas de acuerdo con 22-11-34-040-80. Se realizó la prueba de verificación de aterrizaje de acuerdo

Informe preliminar de la Agencia de Investigación de					con AMM	Marzo, 2019
					22-11-00-700-801; normal	
23645	4 de diciembre, 2018	DOH	ADD	Durante la aproximación a 8600 pies, el altímetro descendió rápidamente y volvió a la normalidad, lo que hizo que el piloto automático revierta a CWS "P", L-NAV permaneció activa.	IFIM 34-31-00-810-819. No se encontraron fallas en OMF. El historial de falla de OMF indica que el MMR no ofrece aportes valiosos. Del OMF de acuerdo con la prueba de operación MMR del manual. Prueba realizada - aprobada De acuerdo con AMM 34-37-00-710-801, prueba ran op; aprobada.	
23639	3 de diciembre, 2018	DAR	ADD	Después del despegue, el indicador de altitud y velocidad vertical en ambos PFD mostró indicaciones irregulares y exageradas (movimiento rápido de arriba hacia abajo) durante casi 2 segundos y luego volvió a la normalidad.	AMM 46-13-02-710-801 OMF no muestra fallas en el FDE (detección de fallas y exclusión) de entrada. La falla no tiene antecedentes de fallas y tampoco fallas relacionadas. La prueba de operación FMC realizada de acuerdo con AMM 34-61-	

<b>Informe preliminar de la Agencia de Investigación de</b>					<b>00-710-8017</b>	<b>Marzo, 2019</b>
					la prueba no muestran fallas.	

(imagen)

El único control programado de la Aeronave ocurrió desde 1 de febrero y el 4 de febrero de 2019. Este es un control de rutina y una Inspección Visual General (GVI) de varias áreas de la célula. No se notaron grandes discrepancias o reparaciones en este control.

### 1.6.5 PESO Y BALANCEO

La aeronave abandonó el puesto con un peso de 72.011 kg. El peso estaba distribuido de la siguiente manera:

- Peso de operación en vacío: 47.090 kg;
- Peso de pasajeros (148 adultos y 2 niños): 11.309 kg;
- Un cambio de última hora (LMC) corrigió el peso final para incluir la no presentación de un pasajero (- 100 kg).
- Peso por bodega (equipaje3): 2.912 kg;
- Combustible total: 10.700 kg.

El peso del combustible de rodaje fue 115 kg. El peso de despegue fue 71.896 kg. El peso regulado de despegue fue 72.400 kg.

Nota al pie 3: Había 205 kg de correo a bordo de la aeronave, de acuerdo con la hoja de carga.

Centro de gravedad de despegue (CG) de 23.12.

Para este vuelo, el peso y balanceo determinado por la tripulación de la aeronave se encontraba dentro de los límites definidos por el fabricante.

### 1.7 INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

El accidente ocurrió a las 0544 UTC. Las observaciones pertinentes sobre el tiempo de superficie del aeropuerto internacional Addis Ababa Bole International Airport (HAAB) proporcionadas por la Agencia meteorológica nacional de Etiopía son las siguientes:

#### INFORME METEOROLÓGICO HAAB 100500Z

Viento - pista 25: 060 grados 8 kt, y pista 07: 050 grados 8kt

Visibilidad: 10 km; poca nubosidad 750 m; temperatura: 160 C; punto de rocío: 100C

QNH: 1029 hPa; QFE: 776.8 hPa

#### INFORME METEOROLÓGICO HAAB 100530Z

Viento - pista 25: 070 grados 10kt, pista 07: 050 grados, 10 kt

Visibilidad: 10 km; poca nubosidad 750 m; temperatura: 170 C; punto de rocío: 090C

QNH: 1029 hPa; QFE: 777 hPa

### 1.8 AYUDAS A LA NAVEGACIÓN

No aplicable

### 1.9 COMUNICACIONES

El Ethiopian Accident Investigation Bureau obtuvo información de comunicaciones VHF y transcribió las partes pertinentes de las comunicaciones entre la tripulación de vuelo y el control de tráfico aéreo. Las frecuencias de la comunicación VHF involucradas fueron: Tierra - 121.29 Mhz, Torre - 118.1 MHz & Salida (radar) 119.7 MHz.

### 1.10 INFORMACIÓN DE AERÓDROMO

EL aeródromo de Addis Ababa tiene dos pistas con dos superficies pavimentadas paralelas designadas 07R/25L y 07L/25R. La elevación del aeropuerto es de 2333,5 m. La aeronave despegó de la pista 07R, de 3800 m de largo y 45 m de ancho. La pista no estaba ranurada, pero una inspección visual reveló una pista muy lisa con una culminación apropiada.

### 1.11 REGISTRADORES DE VUELO

La aeronave estaba equipada con un registrador de vuelo digital (DFDR) y un registradores de voz de cabina (CVR), que estaban ubicados en la sección de atrás de la cabina y atrás de la bodega de carga (respectivamente).

(Imagen: El DFSR y el CVR fueron encontrados en el lugar del accidente).

La aeronave tenía un FA2100 NAND DFDR fabricado por L3-com, con número de parte 2100-4945-22, y número de serie 001217995.

El 11 de marzo del 2019, el DFDR fue recuperado del lugar del accidente por el AIB. El chasis del DFDR con la Unidad de memoria resistente a accidentes (CSMU) adjuntos fueron transportados a la instalación de grabación BEA de Francia para descargar los datos. Investigadores de la BEA (Bureau d'Enquête Analyse pour la sécurité de l'aviation civile) realizaron la lectura de la grabación para el Bureau de investigación de accidentes de Etiopía (AIB) bajo la autoridad de los investigadores de Etiopía, con la participación de la Junta Nacional de Seguridad del Transporte (NTSB) de EEUU, la Boeing Company, la Administración Federal de Aviación (FAA) de EEUU, y EASA. La unidad de memoria registró 1790 parámetros y aproximadamente 73 horas de operación de aeronave, y contenía 16 vuelos, incluido el vuelo del accidente.

Los datos preliminares del DFDR aparecen en la figura del Apéndice 1.

### **1.11.2 REGISTRADOR DE VOZ DE CABINA**

La aeronave tenía un FA2100 NAND CVR fabricado por L3-Communications, con número de parte 2100-1925-22, y número de serie 001289168.

El 11 de marzo del 2019, el CVR fue recuperado del lugar del accidente por el AIB. El CVR CSMU fue transportado a la instalación de grabación BEA para descargar los datos. EL CMSU fue encontrado separado del chasis durante la recuperación de los restos. La lectura fue realizada por investigadores de la BEA bajo la autoridad del Bureau de investigación de accidentes de Etiopía (AIB), con la participación de la Junta Nacional de Seguridad del Transporte (NTSB) de Estados Unidos, la Boeing Company, y la Administración Federal de Aviación (FAA).

La unidad de memoria registró 2 horas, 4 minutos y 14 segundos de operación de aeronave, y contenía 2 vuelos, incluido el vuelo del accidente.

### **1.12 INFORMACIÓN SOBRE EL IMPACTO Y LOS RESTOS**

El lugar del accidente estaba ubicado cerca de Ejere, Etiopía, con ubicación de GPS de aproximadamente 8.8770 N, 39.2516 E.

La aeronave impactó en un campo agrario y formó un cráter de aproximadamente 10 metros de profundidad (donde se encontró la última parte de la aeronave) con un agujero de 28 metros de ancho y 40 metros de longitud. La mayor parte de los restos se encontró enterrada en el suelo; se encontraron pequeños fragmentos de la aeronave esparcidos por el lugar en un área de cerca de 200 metros de ancho y 300 metros de largo. Los daños de la aeronave son compatibles con un impacto de gran energía.

(imagen: Vista desde arriba del cráter)

(imagen: Vista de cerca del cráter antes de la excavación)

### **1.13 INFORMACIÓN MÉDICA Y PATOLÓGICA**

La información médica y patológica está en estudio y se podrá acceder a la misma en la investigación final.

### **1.14 INCENDIO**

No había evidencia de incendio.

### **1.15 ASPECTOS DE SUPERVIVENCIA**

No hubo sobrevivientes en este accidente.

### **1.16 INFORMACIÓN SOBRE LA ORGANIZACIÓN Y GESTIÓN**

#### **1.16.1 INFORMACIÓN SOBRE EL EXPLOTADOR DE LA AERONAVE**

Ethiopian Airlines:

Fundación: 21 de diciembre, 1945

Fecha de inicio de operación: 8 de abril, 1946

Propiedad: Gobierno de Etiopía (100%)

Alianza global: Miembro de Star Alliance desde 2011

Oficina central: Bole International Airport, P.O. Box 1755, Addis Ababa, Etiopía

Ethiopian Airlines explota un total de 107 aeronaves, que incluyen: 10 A350-900, 19 B787-8, 4 B787-9, 15 B777-200 (incluidos 9 cargueros CGO), 4 B777-300, 7 B767-300, 19 B737-800 (incluidos 2 cargueros CGO), 4 B737-700, 5 B737-8MAX (incluida la aeronave accidentada) y 20 Q-400.

#### **1.16.2 FRAGMENTOS DEL MANUAL DE OPERACIÓN**

##### **1.16.2.1 MANUAL DE VUELO DE LA AERONAVE DE ETHIOPIAN AIRLINES (AFM)**

**Informe preliminar de la Agencia de Investigación de** **Marzo, 2019**  
Un informe preliminar de la Agencia de Investigación de Aeronavegabilidad mostró que la aerolínea incorporó las revisiones 4180625 el 11 de noviembre de 2018, exigido por la Directiva de aeronavegabilidad 2018-23-51. Las dos páginas del AFM se encuentran en el Apéndice.

#### **1.16.2.2 BOLETÍN FCOM EMITIDO POR BOEING A ETHIOPIAN AIRLINES**

Un boletín FCOM emitido por Boeing para Ethiopian Airlines (ETH-12) sobre compensación del estabilizador picado sin comandar exigía a Ethiopian Airlines que incluya un boletín en su B737MAX FCOM. Los asesores Ops/hp de EEUU recibieron una copia electrónica del B737MAX FCOM de la aerolínea, y se descubrió que el boletín estaba incorporado de acuerdo con las indicaciones de Boeing.

El boletín aparece en el Apéndice 4.

### **2 HALLAZGOS INICIALES**

En base a la información inicial reunida durante el curso de la investigación, se determinaron los siguientes hechos:

- La aeronave disponía de un certificado de aeronavegabilidad válido;
- La tripulación obtuvo la licencia y cualificaciones para realizar el vuelo.
- La carrera de despegue parecía normal, incluidos los valores del ángulo de ataque izquierdo y derecho (AOA).
- Poco después del despegue, el valor del sensor del ángulo de ataque izquierdo se apartó del derecho y alcanzó 74.5 grados mientras que el valor del sensor del ángulo de ataque derecho era de 15.3 grados; luego después; el vibrador de palanca de mando se activó y permaneció activo hasta casi el final del vuelo.
- Luego de la activación del piloto automático, hubo fluctuaciones de balanceo de poca amplitud acompañadas por aceleración lateral, fluctuaciones de timón y pequeños cambios de rumbo; estas fluctuaciones también continuaron después de la desactivación del piloto automático.
- Después de la desactivación del piloto automático, el DFDR registró un picado automático de la aeronave (Y) comando de compensador cuatro veces sin entrada del piloto. Como resultado de esto, se registraron tres movimientos de compensación del estabilizador. Los datos de FDR también indicaron que la tripulación utilizó el timón manual eléctrico para contrarrestar el automático Y entradas.
  
- La tripulación realizó la lista de verificación del estabilizador de pista y puso el interruptor de parada del stab trim en posición de parada y confirmó que la operación del compensador manual no estaba funcionando.

### **3 MEDIDAS DE SEGURIDAD TOMADAS**

El día del accidente, el explotador decidió suspender la operación del B737-8MAX. El 14 de marzo de 2019, la Autoridad de Aviación Civil de Etiopía emitió una NOTAM sobre “La operación del Boeing B737-8 ‘MAX’ y Boeing B737-9 ‘MAX’ desde, hacia o sobre el espacio aéreo de Etiopía, el cual sigue activo hasta la fecha de publicación del presente informe.

### **4 RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD**

- Como se encontraron repetidas condiciones de picado sin comandar en esta investigación preliminar, se recomienda que el sistema de control de vuelo de la aeronave relacionado con la manejabilidad de la aeronave sea revisado por el fabricante.
- Las Autoridades de aviación deberán verificar que la revisión del sistema de control de vuelo de la aeronave relacionado con la manejabilidad de vuelo haya sido abordado adecuadamente por el fabricante antes de liberar la aeronave para realizar operaciones.

### **5 APÉNDICES**

APÉNDICE 1

(imagen)

APÉNDICE 2

(imagen)

APÉNDICE 3

APENDICE 4

(imagen)

.