

**RESUMEN DE DATOS**

**LOCALIZACIÓN**

Fecha y hora	<b>Lunes, 3 de julio de 2006; 18:00 h UTC</b>
Lugar	<b>Aeropuerto de Cuatro Vientos (Madrid)</b>

**AERONAVE**

Matrícula	<b>EC-ERH</b>
Tipo y modelo	<b>CESSNA 402 B</b>
Explotador	<b>Aerofan</b>

**Motores**

Tipo y modelo	<b>TELEDYNE CONTINENTAL TSIO-520-E</b>
Número	<b>2</b>

**TRIPULACIÓN**

**Piloto al mando**

Edad	<b>50 años</b>
Licencia	<b>Piloto comercial de avión</b>
Total horas de vuelo	<b>6.000 h</b>
Horas de vuelo en el tipo	<b>1.500 h</b>

**LESIONES**

	Muertos	Graves	Leves/ilesos
Tripulación			<b>3</b>
Pasajeros			
Otras personas			

**DAÑOS**

Aeronave	<b>Menores</b>
Otros daños	<b>Ninguno</b>

**DATOS DEL VUELO**

Tipo de operación	<b>Aviación general – Otros – Vuelo de pruebas</b>
Fase del vuelo	<b>Aterrizaje – Recorrido de aterrizaje</b>

**INFORME**

Fecha de aprobación	<b>25 de julio de 2007</b>
---------------------	----------------------------

## 1. INFORMACIÓN SOBRE LOS HECHOS

### 1.1. Descripción del suceso

La aeronave EC-ERH despegó del Aeropuerto de Cuatro Vientos alrededor de las 17:30 UTC para realizar un vuelo de prueba local con tres personas a bordo: piloto, copiloto y mecánico. La duración estimada del vuelo era de una hora y media. Después del despegue procedieron hacia el Oeste de Cuatro Vientos para realizar diversas maniobras, que incluían cambios de régimen de vuelo y distintas configuraciones. Transcurrida media hora de vuelo, contactaron con torre para solicitar la realización de tomas y despegues, para lo cual fueron autorizados.

Tras entrar en circuito, realizaron las comprobaciones correspondientes, y como mínimo en dos ocasiones comprobaron las luces verdes de indicación del tren abajo y bloqueo. Realizaron una toma suave, e iniciaron la carrera de despegue, para a continuación subir los flaps y aplicar de nuevo potencia de despegue. Fue en ese momento, cuando el piloto se apercebó de que el avión se estaba desplazando hacia la derecha, y que el plano de ese mismo lado se estaba bajando con respecto al otro.

Inmediatamente, a la vez que cortaba motores, avisó al acompañante de la inminente salida de pista. No pudiendo controlar la trayectoria del avión, éste comenzó a virar hacia la derecha, hasta detenerse aproximadamente a la mitad de la pista y a unos 15 m fuera de su borde derecho.

Una vez parado y asegurado el avión, con motores cortados, magnetos y batería en OFF y llave de paso de combustible cerrada, comunicaron a torre que procedían a su evacuación.

En un lapso de tiempo inferior al minuto llegaron los bomberos, y más tarde se procedió a separar hasta unos 50 m el avión de la pista.

Los pasajeros resultaron ilesos y la aeronave sufrió daños menores.

Las condiciones meteorológicas eran buenas.

### 1.2. Daños sufridos por la aeronave

La pata derecha del tren principal de la aeronave se encontraba plegada. La zona inferior derecha del fuselaje sufrió daños que afectaron sobre todo a la compuerta del tren. La barra de bloqueo de tren estaba partida. También resultaron dañados la hélice y el flap derecho. Las superficies del alerón derecho y el estabilizador horizontal de ese lado estaban deformadas.

### 1.3. Información sobre la aeronave

#### 1.3.1. Certificado de aeronavegabilidad

La aeronave tenía un certificado de aeronavegabilidad, de categoría normal, que había caducado en octubre de 1993.

Disponía de una autorización de vuelo en vigor para realizar vuelos de prueba, con tripulación mínima.

#### 1.3.2. Información sobre el mantenimiento de la aeronave

La aeronave acababa de pasar en junio la revisión anual de 200 h con 4.997 horas y 45 minutos, y precisamente éste era el vuelo de prueba correspondiente. En la revisión se habían cumplimentado dos «Supplemental Inspection Document» (SID) que afectan al tren de aterrizaje, la n.º 32-30-05, Main/Nose Landing Gear Retraction Systems. Teardown and Inspeccion, y la n.º 32-10-03 Main Landing Gear Bellcrank Pivot Bolt. En esta última, se requiere inspeccionar el «bellcrank pivot bolt», para ver si existen defectos superficiales que pudieran llegar a producir roturas en el mismo.

#### 1.3.3. Descripción del tren de aterrizaje

El tren de aterrizaje de esta aeronave es de tipo triciclo retráctil, accionado por un motor eléctrico que produce desplazamientos en un sistema de varillas, mediante el cual se consigue la extensión o retracción del tren.

En la figura 1 puede observarse una pata principal y su mecanismo asociado de extensión y retracción, así como el dispositivo de bloqueo. La extensión o retracción del tren se consigue mediante un motor eléctrico que acciona un sistema de varillas, que produce el desplazamiento longitudinal del «push-pull tube» (coloreado en verde), que actúa sobre la pata, a través del bellcrank, produciendo su giro. Así, supongamos la pata en su

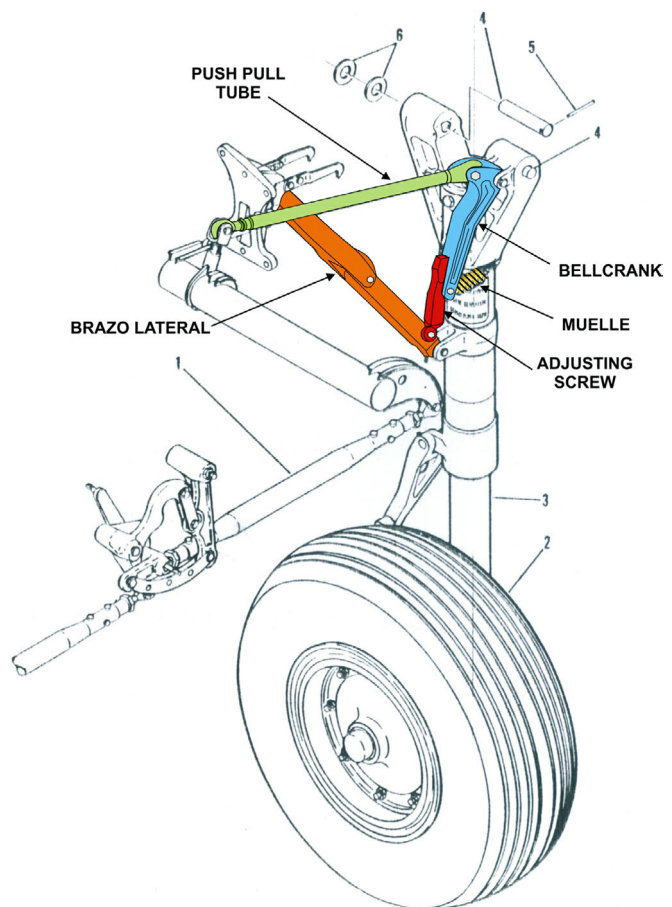


Figura 1. Esquema de la pata principal

posición extendida, su retracción se haría de la siguiente forma: la acción del motor produciría el desplazamiento del «push pull tube» hacia la pata (trabajando a compresión), lo que provocaría que el «bellcrank» (coloreado en azul) pivotase alrededor de las orejetas que lo unen al «trunnion». A su vez, la parte inferior del «bellcrank» también giraría, arrastrando al «adjusting screw» (coloreado en rojo), que tiraría del brazo lateral (coloreado en naranja), produciendo su plegado, y, al estar unido a la pata, tiraría también de ella hacia adentro, produciendo su giro alrededor del punto 4, es decir, plegando la pata. El movimiento de extensión es precisamente el contrario que el descrito para la retracción, trabajando en este caso el «push pull tube» a tracción.

El bloqueo de la pata en la posición de tren extendido, se consigue mediante la acción del brazo lateral, el cual tiene restringido su movimiento, de forma que solamente puede girar dentro del sector indicado en la figura 2. El bloqueo se genera haciendo que el punto de articulación central, que une los dos semibrazos que forman el brazo lateral, sobrepase ligeramente la línea imaginaria que une sus extremos, lo que se conoce como «sobrecentro», existiendo un tope físico que impide que gire más allá de ese punto. Por otra parte, hay un muelle que une el «adjusting screw» con la pata, que tiene como función generar una fuerza hacia abajo, que contribuye a mantener la articulación central del brazo lateral en su posición de «sobrecentro».

El ajuste del sistema se realiza mediante el «adjusting screw», que realmente está formado por dos elementos, estando el inferior roscado en el superior, lo que permite aumentar o disminuir la longitud del conjunto.

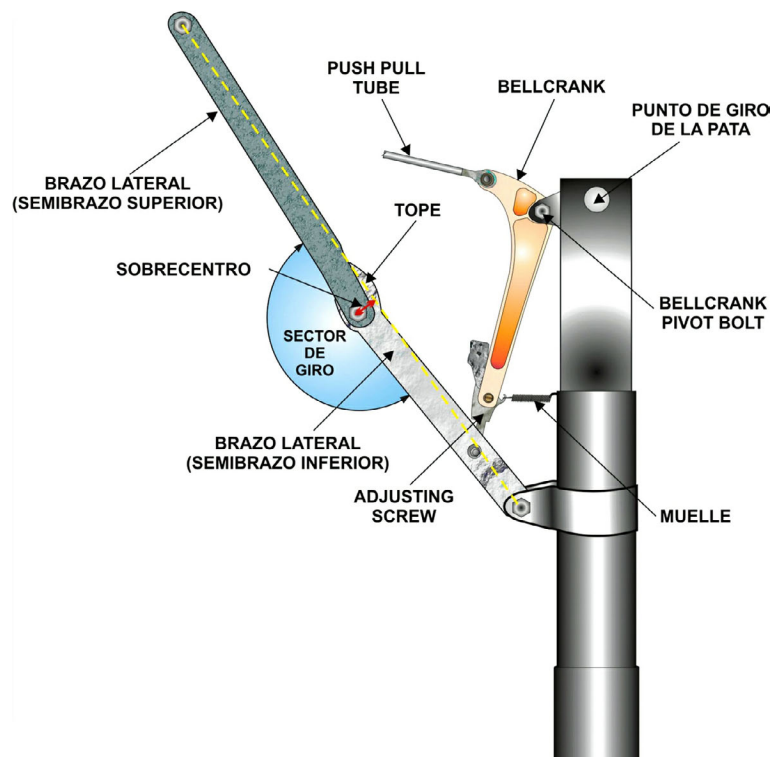


Figura 2. Esquema de detalle de una pata principal

## 1.4. Inspección de los restos

Se procedió a retirar la aeronave del lugar en el que había quedado, transportándola a plataforma, donde se dejó apoyada sobre gatos.

Se realizó una inspección visual en la que se observaron los siguientes daños:

- Pata derecha:
  - El «bellcrank» se encontraba suelto en su unión a la pata, debido a la rotura del tornillo de unión.
  - Se había roto una de las dos orejetas del «bellcrank», en la parte que une con el sobrecentro, a través del «adjusting screw».

## 1.5. Ensayos e investigaciones

### 1.5.1. *Estudio del tornillo de unión del «bellcrank» a la estructura de la pata del tren principal derecho*

El tornillo que une el «bellcrank» al «trunnion», denominado «bellcrank pivot bolt», se partió en tres trozos, la cabeza y una pequeña parte del tornillo que quedaron sueltos y no se recuperaron, la parte central del tornillo que quedó alojada dentro del casquillo en el taladro del «trunnion» y el extremo roscado del tornillo con la tuerca. Estos elementos fueron enviados a un laboratorio con objeto de determinar las causas de la rotura del tornillo, así como su grado de adecuación a las especificaciones de diseño.

De la observación macro y microfactográfica, se puede deducir que el proceso de fallo del tornillo corresponde a un proceso de rotura de carácter dúctil, producido por sobrecarga básicamente a cizalladura. Las características de rotura de la orejeta también se corresponden con un proceso de rotura dúctil por sobrecarga, pero en este caso por tracción y/o flexión.

La composición química del perno se corresponde con tornillos de la serie NAS 464 para la que se especifica una resistencia a tracción entre 160-180 KSI (1 KSI = 1.000 lb/inch<sup>2</sup>).

Se realizaron ensayos de dureza Rockwell-C y Vickers, obteniéndose un valor de 195 KSI, que excede el margen especificado. No obstante, en el proceso de deformación previo a la rotura, el tornillo había recibido una acritud que habría podido aumentar considerablemente sus características mecánicas, por lo que es posible que el perno tuviese inicialmente una resistencia dentro del margen especificado, y que posteriormente durante el proceso de rotura, se hubiera endurecido hasta el valor calculado.

Trasladando la dirección de la deformación apreciada en ambos extremos del tornillo fracturado a su posición dentro del «bellcrank», se puede afirmar que la carga

instantánea que ha producido la deformación y rotura del tornillo se corresponde con la aplicación de una fuerza a tracción aproximadamente en la dirección del nervio de refuerzo del ángulo del «bellcrank» donde iba alojado el tornillo. Ésta fue aplicada en el punto de unión del «adjusting screw» con el brazo lateral.

### 1.5.2. *Investigación adicional*

Dado que el operador estaba realizando una revisión a una aeronave CESSNA A-310, con el tren de aterrizaje prácticamente igual al modelo del incidente e incluso con piezas iguales, se ha realizado una visita para comprobar el desgaste y holguras de un tren de este tipo, así como el procedimiento que se sigue en el reglaje del sobrecentro.

Se pudo comprobar que:

- Existen holguras y pequeños desgastes en las piezas del mecanismo de actuación de las patas principales, las únicas consideradas, especialmente en sentido perpendicular al plano en el que está el mecanismo pero se considera que difícilmente podrían llegar a producir el desbloqueo del sobrecentro.
- El procedimiento seguido para ajustar el sobrecentro es simple y de fácil aplicación. Primero se deja libre el brazo lateral hasta que se apoya en el tope y, entonces, se ajusta la longitud de la barra articulada al semibrazo inferior. El ajuste se considera finalizado cuando se comprueba que el mecanismo vuelve a la posición de bloqueo, únicamente por la acción del peso, incluso sin rueda, tras haberlo sacado de dicha posición, empujando hacia el fuselaje en el punto de articulación del brazo inferior del «bellcrank» y la barra en la que está el tornillo de reglaje.
- La operación de desbloqueo, indicada anteriormente, permite que la pata gire hasta desplazarse 6 pulgadas hacia el fuselaje, sin mover la posición de la barra de accionamiento («push pull tube»).
- El brazo inferior y articulado del «bellcrank», sobre el que se realiza el reglaje y ajuste, puede quedar precargado a compresión en el caso de un ajuste forzado hacia el incremento de longitud de este brazo, o en el caso de un ajuste forzado hacia la reducción de su longitud queda con una holgura sobre el brazo lateral, permitiendo un cierto movimiento oscilatorio de éste.

## 2. ANÁLISIS

El hecho de que las roturas que presentan los elementos de esta pata que se vieron afectados, sean todas ellas debidas o sobrecargas estáticas, da pie a pensar que la causa del fallo puede encontrarse en la configuración geométrica del mecanismo de extensión-retracción y bloqueo del tren.

En este sentido, han de considerarse las cargas laterales que pueden incidir sobre la pata, que pueden tener dos sentidos opuestos entre sí: desde la punta del plano hacia

el fuselaje, o desde el fuselaje hacia la punta del plano. Si analizamos el funcionamiento del mecanismo del tren de aterrizaje, podemos observar que en el primero de los supuestos, la carga lateral que soporta la pata se transmitiría al brazo lateral, siguiendo la dirección de la línea que une sus extremos, que al no contener el punto central del brazo, induciría en éste un par de giro, que sería contrarrestado por el par generado por el tope.

Cuando la carga lateral esté orientada hacia fuera, ésta «tira» del brazo lateral, haciendo que tiendan a alinearse sus extremos y la articulación central. En esta situación toda la carga es soportada por el brazo, que se encuentra sometido a esfuerzos de tracción. Por otra parte, la tracción generada por el muelle que conecta el «adjusting screw» con la pata, induce la aparición, en el extremo inferior de éste, de una fuerza que tiende a llevar al brazo lateral a su posición de sobrecentro. De esta forma, cuando cese o cambie de sentido la fuerza lateral que incide sobre la pata, la acción del muelle hará que la articulación central del brazo lateral se mueva hacia abajo, es decir, hacia su posición de bloqueo, ya que si lo hiciera hacia arriba, la pata podría plegar.

A la vista del modo de trabajo del mecanismo expuesto en los párrafos precedentes, se puede afirmar que los elementos de la pata derecha que se encontraron rotos, no se encuentran prácticamente cargados, cuando la pata está correctamente desplegada y bloqueada, ya que en esta situación las cargas que recibe la pata durante el aterrizaje son soportadas por la propia pata y por el brazo lateral. Asimismo, hemos de tener en cuenta que éste no sufrió daños apreciables y se había plegado normalmente, lo que induce a pensar que la geometría del tren en ese momento no era la adecuada.

En este sentido, una carga lateral sobre la pata con sentido de dentro a afuera, en el supuesto de que la articulación central del brazo lateral quedase por encima de la línea imaginaria que une sus extremos, generaría sobre el brazo un par que tendería a hacer girar el semibrazo inferior en sentido antihorario. A consecuencia de ello, en el punto central del brazo aparecería una fuerza perpendicular a la línea que une sus extremos, que, al no poder ser contrarrestada por el propio brazo, se transmitiría al conjunto «adjusting screw–bellcrank», que no está diseñado para soportar estas cargas, produciendo, en primer término, la rotura por cizalladura, a la altura de una de las orejetas del «trunnion», del tornillo «bellcrank pivot bolt», que no permite la liberación total del «bellcrank», ya que éste aún permanece parcialmente sujeto por una parte del tornillo y una de las orejetas, aunque sí supone una modificación de la geometría del sistema.

En esta nueva situación, la carga transmitida por el brazo lateral, genera además un par sobre los extremos del conjunto «adjusting screw–bellcrank», a consecuencia del cual se produce la rotura a flexión de la orejeta del «bellcrank».

Así pues, todo parece indicar que éste fue el mecanismo que produjo la rotura y el posterior colapso de la pata derecha.

Como se ha visto en los párrafos precedentes, esta situación sólo puede producirse si existe un desajuste en el mecanismo de extensión-retracción y bloqueo de la pata, que en principio puede ser causado por dos factores: un incorrecto ajuste del mecanismo, o bien un desajuste paulatino del mismo, producido por el aumento de las holguras en el sistema de varillas.

A la vista de las circunstancias que concurren en este caso, la hipótesis más probable es que el ajuste del mecanismo se hiciera ligeramente fuera del sobrecentro.

### **3. CONCLUSIÓN**

Se considera que este incidente fue causado por una redistribución de esfuerzos en el aterrizaje debidos probablemente a un incorrecto montaje o a una variación de los ajustes de montaje del mecanismo de extensión-retracción y bloqueo de la pata derecha por holguras que son amplificadas por la geometría del propio mecanismo de bloqueo.