

# GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE AERONAVES

## INTRODUCCIÓN

### LA AVIACIÓN EN SUS INICIOS

La 24<sup>a</sup> Conferencia Internacional de Transporte Aéreo se celebró en Louisville, Kentucky, del 5 al 7 de junio de 1996. Una de las muchas actividades nocturnas disponibles para los asistentes fue una visita a las principales instalaciones de United Parcel Service (UPS) en el Aeropuerto Internacional de Louisville. Unas 15 personas se apuntaron a la visita. Después de ver a los jóvenes estudiantes universitarios apresurarse a descargar, clasificar y cargar los paquetes y de escuchar la explicación del guía de la visita sobre este sistema de distribución único, nos acompañaron a la rampa de estacionamiento de la línea de vuelo para ver los aviones. Nuestra guía turística nos condujo por las escaleras aéreas portátiles hasta el enorme abismo que era el Boeing 747 de carga. Se quedó allí un momento, mirando en silencio el enorme fuselaje vacío. Sus acompañantes hicieron lo mismo. Finalmente habló.

"La zona de carga de este 747 es más larga que el primer vuelo de los hermanos Wright", dijo con cierto orgullo. "Y la cubierta en la que estamos es más alta que la de aquel primer vuelo".

No cabe duda de que la aviación ha recorrido un largo camino desde aquel ventoso día de diciembre de 1903 en que Wilbur y Orville Wright hicieron historia en Kill Devil Hills, cerca de Kitty Hawk (Carolina del Norte). Del mismo modo, el campo del mantenimiento de la aviación ha avanzado mucho. Los primeros días de la aviación estaban llenos de experimentadores, temerarios y fanfarriones, llamados por razones obvias "barnstormers". Con sus vuelos de acrobacia y otras payasadas, intentaban demostrar al público la seguridad y la utilidad de esta nueva máquina, el avión. La venta de "paseos" a los curiosos se convirtió en un negocio paralelo. Al principio, la aviación era más un entretenimiento que un medio de transporte, pero eso pronto cambió. Al igual que los modernos aviones de pasajeros tienen unas dimensiones superiores a las del primer vuelo, los avances tecnológicos de la aviación en los 100 años posteriores son igualmente impresionantes. Y el enfoque del mantenimiento de estos complejos vehículos ha seguido el mismo ritmo. Hoy en día, la aviación es el modo de transporte más seguro del mundo.<sup>2</sup> Una parte considerable de ese historial de seguridad puede atribuirse a los esfuerzos de los mecánicos, técnicos, ingenieros y gestores que trabajan en el campo del mantenimiento de la aviación.

### BREVE HISTORIA DE LA AVIACIÓN

La aviación comenzó como un pasatiempo, un deporte, un capricho. Como tantos inventos nuevos y "pasados de rosca", volar se consideraba un deporte de fanáticos. La gente decía que no iba a durar. Es antinatural. "Si Dios hubiera querido que el hombre volara, nos habría dado alas". Bueno, en cierto sentido nos ha dado alas.

Gracias a los esfuerzos de personas como Joseph y Jacques Montgolfier, Octave Chanute, Otto Lilienthal, Samuel P. Langley, Glenn Curtis, Orville y Wilbur Wright, y muchos otros, nos hemos "ganado las alas". Podemos volar.

Todos estos hombres dedicaron tiempo, pensamiento y fortuna a resolver los problemas del vuelo tripulado. Incluso hombres famosos por otras grandes obras - Leonardo DaVinci, George Cayley, Hiram Maxim, Thomas Edison, etc.- hicieron contribuciones. Pero fueron dos curiosos fabricantes y reparadores de bicicletas de Dayton, Ohio, quienes hicieron realidad el viejo anhelo del hombre de "volar como los pájaros". Muchas personas trabajaron en ello, pero fueron Orville y Wilbur Wright a quienes se les atribuye el primer vuelo controlado y tripulado.<sup>4</sup> Aunque sólo recorrieron una distancia de 120 pies y no se elevaron más de 10 pies del suelo, su primer vuelo fue el resultado de un esfuerzo concentrado por dominar lo que otros sólo habían cortejado.<sup>5</sup> Muchos experimentadores de la aviación -algunos de ellos con más credenciales académicas o de ingeniería que los Wright- no habían logrado superar el reto. Y algunos de ellos, por desgracia, perdieron la vida en el intento.

Los hermanos Wright fueron los primeros ingenieros de sistemas. Insistieron en que se superaran ciertos obstáculos, que se probaran ciertas ideas sobre el vuelo tripulado antes de optar por subirse a su "avión". Una idea que otros experimentadores deberían haber tenido en cuenta. Aunque Otto Lilienthal había realizado un trabajo considerable en aerodinámica y había publicado tablas de sustentación para que otros las utilizaran, los hermanos Wright consideraron que estas tablas eran erróneas y procedieron a realizar sus propias correcciones. Construyeron un pequeño túnel de viento, hicieron algunas pruebas y desarrollaron sus propias tablas. Wright". Es una lectura recomendada para los

estudiantes de aviación. Véase Ray Bradbury, "S is for Space", Bantam Books, NY, 1970. También disponible en otras antologías.

Algunos de los primeros intentos de volar de los hermanos Wright consistieron básicamente en hacer volar una cometa.<sup>6</sup> Ataron cuerdas a su aparato, lo soltaron en los fuertes vientos de la playa de Kitty Hawk y, tirando de esas cuerdas y retorciendo así las superficies de las alas, se aseguraron de que este aparejo, este avión, no sólo podía volar con el viento estratégicamente dirigido por encima y por debajo de sus alas, sino que su dirección de vuelo podía ser alterada y controlada por un operador humano.

Entonces, y sólo entonces, se subirían ellos mismos al artilugio. Satisfechos de poder controlar su planeador, Orville y Wilbur Wright se pusieron a buscar un motor con la relación peso-potencia adecuada para impulsar su invento. Pronto descubrieron que no había ningún motor de este tipo, así que diseñaron el suyo propio con las especificaciones óptimas para el vuelo.

A continuación, los hermanos necesitaban una hélice. Pensaron que la industria naval sería el lugar más probable para resolver este problema, pero se decepcionaron. Los constructores navales les dijeron que, en su mayor parte, las hélices se diseñaban por ensayo y error, no había una ciencia exacta. Sin inmutarse, los Wright diseñaron y construyeron su propia hélice. No tuvieron tiempo de utilizar el método de prueba y error para desarrollar una hélice adecuada, así que los Wright utilizaron sus recién desarrolladas tablas aerodinámicas para diseñar el dispositivo ideal. Y tuvieron éxito. Aunque en los años siguientes a 1903 muchos otros harían grandes avances en la aviación y mejoraría el rendimiento, la seguridad y la comodidad de los vuelos tripulados, fue el proceso sistemático de los hermanos Wright, su esfuerzo por diseñar todo el sistema como un dispositivo utilizable (utilizable por las personas), lo que hizo del avión un invento viable e importante invención. El siguiente paso sería convencer al público de su valor.

## PROMOCIÓN DEL VUELO

Al principio, volar era para los temerarios. Numerosos pilotos mostraron sus habilidades y sus nuevos juguetes actuando para las multitudes -acrobacias y otras maniobras atrevidas- y a menudo vendiendo paseos a los valientes espectadores a tres o cinco dólares cada uno. Pero este espectáculo pronto dio paso a los que querían ver un uso más práctico del avión, y el reparto del correo de Estados Unidos se consideró la primera aplicación con los pies en la tierra.

La primera compañía aérea de Estados Unidos que transportó pasajeros en un horario regular fue Tampa Airboat Line desde St. Petersburg hasta a Tampa, que comenzó a operar en enero de 1914 entre las dos ciudades, pero sólo transportaban un pasajero a la vez. Sin embargo, el servicio finalizó al cabo de 3 meses, debido al fin de la temporada turística y al inicio de la Primera Guerra Mundial.

Después de la Primera Guerra Mundial, el servicio de correo aéreo comenzó y dominó la industria de la aviación (tal como era). Los empresarios crearon líneas aéreas con ese fin específico. Ocionalmente, un pasajero viajaba sentado encima de los sacos de correo si había espacio. Pero más tarde, se añadieron asientos adicionales a los aviones y los pasajeros se convirtieron en fuentes de ingresos más frecuentes. El gobierno estadounidense animó a los operadores a utilizar aviones más grandes y a transportar más pasajeros para que no tuvieran que depender únicamente de los contratos de correo del gobierno para mantenerse en el negocio.

En los primeros tiempos de la aviación no existían ayudas a la navegación, y los pilotos utilizaban las vías férreas, las carreteras y los mapas de carreteras comunes de los automóviles para encontrar su camino. Los primeros pilotos tampoco podían volar de noche hasta que alguien decidió encender hogueras a lo largo de la ruta deseada para mostrar el camino. Las condiciones meteorológicas se recibían por observación y por teléfono hasta que se empezó a utilizar la radio aire-tierra a finales de la década de 1920. A finales de 1929, sin embargo, había más de 10.000 millas de vías aéreas iluminadas, 275 aeropuertos iluminados y 1352 balizas giratorias.

Mientras que el desarrollo del transporte aéreo en Estados Unidos quedó rezagado con respecto a Europa después de la Primera Guerra Mundial, ocurrió lo contrario después de la Segunda Guerra Mundial.

Los aviones se hicieron más grandes y volaron "más alto, más rápido, más lejos", y en 1958 se introdujo la "era del jet" con el Boeing 707, seguido por el Douglas DC-8 y el Lockheed L1011. Las ayudas a la navegación tanto en tierra como en el avión (más tarde en los satélites en órbita terrestre) revolucionaron la industria junto con las drásticas mejoras en la tecnología de los aviones y los motores. Hoy, 100 años después del histórico primer vuelo de los hermanos Wright, la aviación ha alcanzado la mayoría de edad. La gente puede volar, y con una inmensa comodidad y seguridad.

## EL PRIMER MANTENIMIENTO DE LA AVIACIÓN

*En aquellos primeros tiempos de la aviación, el mantenimiento se realizaba "según necesidad" y las máquinas solían requerir varias horas de mantenimiento por cada hora de vuelo. Las principales actividades de mantenimiento consistían en la revisión periódica de casi todos los componentes del avión. A pesar de que los aviones y sus sistemas eran bastante sencillos al principio, el mantenimiento realizado de esta manera llegó a ser bastante caro. Con el aumento de la complejidad de los aviones y sus sistemas de a bordo en los años siguientes, ese gasto aumentó en consecuencia.*

*El enfoque moderno del mantenimiento es más sofisticado. Los aviones se diseñan en función de la seguridad, la aeronavegabilidad y la capacidad de mantenimiento, y se desarrolla un programa de mantenimiento detallado junto con cada modelo de avión nuevo o derivado de un modelo existente. Este programa de mantenimiento inicial puede ser adaptado por cada compañía aérea para acomodar la naturaleza de sus operaciones individuales. Esto garantiza un funcionamiento continuo en condiciones de aeronavegabilidad en cualquier circunstancia. Para respaldar este compromiso individual, los fabricantes, las compañías aéreas y los organismos reguladores se esfuerzan continuamente por mejorar las técnicas de diseño y mantenimiento y por mantener la industria de la aviación a la vanguardia.*

*Por supuesto, un enfoque tan sofisticado del mantenimiento requiere una gestión sofisticada, tanto en el desarrollo del programa de mantenimiento inicial como en las aerolíneas para lograr todo lo necesario para mantener ese historial superior de seguridad mencionado anteriormente.*

## **GESTIÓN TÉCNICA**

*Se necesitan varias disciplinas para llevar a cabo correctamente las actividades de mantenimiento en una aerolínea: (a) Mantenimiento: el trabajo práctico, "tuercas y tornillos", necesario para realizar el trabajo físico; (b) Ingeniería: el diseño, el análisis y la asistencia técnica necesarios para apoyar el trabajo de mantenimiento;*

*(c) Gestión: la organización, el control y la administración de las múltiples facetas de la operación de mantenimiento; (d) Planificación de la producción: los conceptos de planificación y la actividad de organización para apoyar el mantenimiento de forma eficaz para planificar todo el trabajo requerido; (e) Logística: comprender el alcance del inventario de la aeronave, realista, futurista, para satisfacer la demanda continua de repuestos necesarios para una operación de mantenimiento exitosa; (f) Formación técnica: para satisfacer las demandas de toda la formación de mantenimiento requerida de forma eficaz.*

*Este curso será algo único: abarcará todos estos temas -mantenimiento, ingeniería, gestión- pero de una manera más somera de lo que lo harían los cursos individuales. Veremos el "panorama general". Veremos el mantenimiento, la ingeniería y la gestión como un todo integrado. Examinaremos cómo se combinan y coordinan todas estas disciplinas para alcanzar las metas y objetivos del mantenimiento de las aerolíneas. Aunque algunos de los detalles de estos tres temas pueden quedar fuera de la discusión, este curso hará hincapié en la coordinación de estas tres disciplinas necesaria para lograr los resultados deseados.*

## **PARTE I: FUNDAMENTOS DEL MANTENIMIENTO**

**En el capítulo 1,** Por qué tenemos que hacer mantenimiento, se analizan algunas teorías básicas sobre el diseño y la construcción de equipos complejos y por qué no podemos construir sistemas perfectos. Este capítulo también cubre los patrones de fallo comunes y las tasas de fallo de los componentes y sistemas, así como los métodos para minimizar las interrupciones del servicio, como las unidades reemplazables en línea (LRU), los sistemas redundantes y los requisitos mínimos de despacho (MEL). Establece las razones básicas por las que el mantenimiento debe ser planificado, organizado y sistemático.

**El capítulo 2,** Desarrollo de los programas de mantenimiento, analiza el proceso de creación de un programa de mantenimiento para un modelo de aeronave determinado y cómo ese programa puede ser modificado por un operador, según sea necesario, después de la entrada en servicio. El capítulo también define los intervalos básicos de mantenimiento.

**El capítulo 3,** Definiciones, metas y objetivos, define el mantenimiento y algunos otros términos seleccionados, incluyendo las metas y los objetivos. A continuación, el capítulo establece metas y objetivos específicos para el mantenimiento. El curso discute cómo se desarrollaron y lo que significan para la gestión del mantenimiento de las aerolíneas

## **El capítulo 4**, Requisitos de certificación de la industria de la aviación, aborda los requisitos de la Administración

Federal de Aviación para el diseño y la fabricación de aeronaves y los requisitos federales que debe cumplir una empresa de transporte para convertirse en una aerolínea y operar la aeronave en servicio comercial.

**El capítulo 5**, Documentación para el mantenimiento, trata de los manuales suministrados por los fabricantes y vendedores con la aeronave, la documentación que debe redactar la compañía aérea para definir las actividades de mantenimiento, y los reglamentos y avisos emitidos por la Administración Federal de Aviación y otras autoridades reguladoras relativas a dicho mantenimiento.

**El capítulo 6**, Requisitos para un programa de mantenimiento, cubre los requisitos reglamentarios para un programa de mantenimiento descritos en la Circular Consultiva de la FAA.

AC-120-16E y otros requisitos de la FAA: mantenimiento programado y no programado, inspección, revisión y mantenimiento de registros. El capítulo también trata de los requisitos de gestión adicionales que los gestores de las aerolíneas consideran necesarios: requisitos de ingeniería, fiabilidad, garantía de calidad, apoyo informático y formación, por ejemplo.

**El capítulo 7**, La organización de mantenimiento e ingeniería, cubre la estructura organizativa de la función de mantenimiento e ingeniería de una aerolínea típica de tamaño medio, basada en los requisitos identificados en el capítulo 6. También se analizan las variaciones de esta estructura para las aerolíneas grandes y pequeñas, así como para los operadores con múltiples bases de mantenimiento y los que subcontratan parte o la totalidad del trabajo de mantenimiento principal.

## **PARTE II: SERVICIOS TÉCNICOS**

**El capítulo 8**, "Ingeniería", abarca las funciones y responsabilidades de los expertos técnicos de la organización de mantenimiento. Esto incluye el desarrollo del programa de mantenimiento de la aerolínea a partir de los datos del fabricante de la célula y la creación de las políticas y procedimientos que rigen la ejecución de dicho programa. El departamento de ingeniería también proporciona asistencia a mantenimiento para la solución de problemas difíciles y lleva a cabo la investigación de los problemas de mantenimiento observados por el programa de fiabilidad, así como los problemas planteados por los mecánicos o por el personal de la organización de control y garantía de calidad.

**El capítulo 9**, Planificación y control de la producción, analiza la organización y el funcionamiento del departamento que está en el centro de toda la actividad de mantenimiento. La planificación y control de la producción (PP&C) es responsable de todas las actividades de mantenimiento realizadas en las aeronaves de la unidad. Los deberes y responsabilidades de PP&C incluyen la previsión de las necesidades y actividades de mantenimiento futuras, la planificación y programación de las revisiones principales para la situación operativa actual y el control del mantenimiento en curso. Son responsables de garantizar que el personal, los repuestos, las instalaciones y las herramientas especiales y los equipos de prueba estén disponibles para cada evento de mantenimiento planificado y que la actividad se realice con éxito y a tiempo.

**El capítulo 10**, Publicaciones técnicas, trata de la publicación y distribución de toda la documentación requerida por los distintos departamentos de mantenimiento e ingeniería. Esto incluye los documentos proporcionados por los fabricantes, proveedores y autoridades reguladoras, así como los documentos producidos por la compañía aérea.

**El capítulo 11**, Formación técnica, cubre los requisitos de formación de los mecánicos, técnicos, inspectores de control de calidad (QC) y auditores de garantía de calidad (QA).

El capítulo también analiza la formación impartida por la compañía aérea, así como la realizada por fuentes externas. La organización de formación técnica también está obligada por la FAA a mantener registros de toda la formación realizada por cada empleado.

## **PARTE III: GESTIÓN, MANTENIMIENTO Y APOYO MATERIAL DE LAS AERONAVES**

**El capítulo 12** mostrará la gestión del mantenimiento de aeronaves, la estructura, el papel de la gestión en la aviación, las actividades coordinadas, la gestión de primera línea sus responsabilidades, el mantenimiento de las tendencias de la industria, el nuevo desarrollo en la gestión de la aviación y las preocupaciones de la gestión en el mantenimiento de aeronaves.

**El capítulo 13**, Mantenimiento de línea (en la aeronave), trata de las actividades de las unidades de mantenimiento de línea que son responsables del mantenimiento y la revisión de todas las aeronaves en servicio. Esto incluye las actividades de mantenimiento en la base de operaciones, en las estaciones externas donde la aerolínea realiza paradas regulares, y la organización y operación de un centro de control de mantenimiento, la unidad responsable de coordinar el mantenimiento de todas las aeronaves en servicio.

**El capítulo 14**, Mantenimiento en el hangar (en la aeronave), trata de la unidad que se ocupa de las actividades de mantenimiento en las aeronaves fuera de servicio (es decir, las aeronaves que no están en el programa de vuelo). El grupo de hangar se encarga de todas las actividades de mantenimiento importantes, incluidas las modificaciones importantes. Tanto el mantenimiento de línea como el de hangar cuentan con el apoyo de la unidad de equipo de apoyo en tierra (GSE) que proporciona unidades de energía, puestos de trabajo y otros equipos e instalaciones para la producción eficiente de mantenimiento y servicio. Los talleres de revisión de mantenimiento (fuera de la aeronave) se refieren a las organizaciones que realizan el mantenimiento de los sistemas y componentes que han sido retirados de la aeronave durante las actividades de mantenimiento en línea o en el hangar. Estos talleres se denominan a veces "back shops" e incluyen sistemas de aviónica, mecánicos e hidráulicos y otros talleres especializados. También pueden incluir actividades de mantenimiento de terceros. Se discute la organización de estos talleres, así como su trabajo y los esfuerzos de recolección de datos.

**En el capítulo 15**, "Apoyo al material", se analizan las funciones y los procesos de compra, expedición, control de inventario, préstamo de repuestos y repuestos falsas, y almacenamiento de repuestos y suministros necesarios para la operación de mantenimiento. Material establece las tasas de uso y los puntos de reordenación para garantizar que haya existencias adecuadas en todo momento. Material también es responsable de procesar las unidades defectuosas a través del mantenimiento y de gestionar las reclamaciones de garantía de los equipos.

## **PARTE IV: FUNCIONES DE SUPERVISIÓN**

**El capítulo 16**, Garantía de calidad, cubre una de las principales funciones de supervisión que necesita una aerolínea para garantizar un funcionamiento óptimo. La garantía de calidad (QA) es responsable de establecer las normas de mantenimiento en la aerolínea y también sirve como punto de contacto de M&E con la autoridad reguladora. La garantía de calidad también realiza auditorías anuales de todas las funciones de mantenimiento e ingeniería, incluidos los proveedores y contratistas externos, para garantizar el cumplimiento de los requisitos de la aerolínea y de la normativa.

**En el capítulo 17**, Control de calidad, se tratan los deberes y responsabilidades de los inspectores que supervisan directamente la realización de las acciones de mantenimiento. Mientras que la garantía de calidad examina el cumplimiento general de las normas y reglamentos, el control de calidad examina las actividades de trabajo cotidianas para comprobar el cumplimiento de las buenas prácticas y procedimientos de mantenimiento. La organización de control de calidad también es responsable de llevar a cabo actividades de prueba e inspección no destructivas y de la calibración de herramientas y equipos de prueba.

**En el capítulo 18**, Fiabilidad, se tratan los tipos de fiabilidad y el concepto de un programa de fiabilidad para supervisar la eficacia de la actividad de mantenimiento de la aerolínea. La recopilación de datos sobre las acciones de mantenimiento, como fallas, retiros, etc., se monitorea en busca de tendencias. Se investigan las posibles áreas problemáticas para poder aplicar medidas correctivas. Las actividades de seguimiento de la fiabilidad determinan la eficacia de esa acción correctiva y la necesidad (si la hay) de nuevas acciones.

**El capítulo 19,** Seguridad en el mantenimiento, analiza los programas de seguridad de la aerolínea en relación con el mantenimiento y la ingeniería. Esto incluye la normativa sobre el consumo de tabaco, la detección y prevención de incendios, la protección contra caídas, la manipulación de materiales peligrosos, etc. El capítulo también analiza las hojas de datos de seguridad de los materiales (MSDS) y el programa "derecho a saber" para alertar a los trabajadores de los peligros.

## PARTE V: APÉNDICES

**El Apéndice A,** Ingeniería de sistemas, trata el concepto de ingeniería de sistemas y cómo se aplica al mantenimiento y la ingeniería en la aviación. El curso incluye la discusión de varios términos de ingeniería de sistemas, como componentes internos y externos, entradas y salidas, límites del sistema y el cambio de los límites del sistema en aras del análisis. También se discute la diferencia entre el enfoque de sistemas y el enfoque sistemático.

**En el Apéndice B,** Los factores humanos en el mantenimiento, se analiza la aplicación de los factores humanos en el ámbito del mantenimiento. Dado que los seres humanos interactúan constantemente con los complejos equipos de aviación, deben ser considerados como parte del sistema a la hora de diseñarlo. En este apéndice se habla de los factores humanos en general y, a continuación, de los factores humanos en relación con la ingeniería de sistemas. El apéndice finaliza con una discusión de las actividades de los factores humanos a nivel del fabricante y de la aerolínea.

**El Apéndice C,** El arte y la ciencia de la resolución de problemas, trata uno de los fundamentos de una actividad de mantenimiento que es difícil y esquiva. La resolución de problemas requiere una cierta experiencia para que uno florezca plenamente en el arte, pero hay algunos conceptos básicos que uno debe entender primero. Este apéndice proporciona los fundamentos del proceso de resolución de problemas, que pueden ser utilizados por los mecánicos de mantenimiento y técnicos de mantenimiento, por el personal de ingeniería y por la gerencia para localizar y precisar los problemas.

**El Apéndice D,** Investigación de las alertas de fiabilidad, proporciona información detallada sobre cómo la ingeniería debería investigar los problemas de mantenimiento identificados por el programa de fiabilidad. Es una extensión del proceso de resolución de problemas. Mientras que los mecánicos examinan un sistema específico y su equipo de interconexión, el ingeniero debe mirar más allá del sistema eléctrico, electrónico o mecánico particular e incluir todo el entorno de la aviación, si es necesario, en su análisis de un problema. Este apéndice consiste en un gráfico interfuncional que muestra la interacción de las organizaciones de M&E durante el proceso de estas investigaciones y una serie de diagramas de flujo para guiar al investigador a través del proceso de determinación del área específica del problema.

**El Apéndice E,** Operaciones de Alcance Extendido (ETOPS), analiza la regla de los 60 minutos para los aviones bimotores (FAR 121.161) y proporciona algunos antecedentes históricos sobre el desarrollo de las ETOPS. También se tratan los requisitos que debe cumplir una compañía para obtener el permiso de la FAA para desviarse de la regla de los 60 minutos (es decir, para volar ETOPS).

**El Apéndice F,** Glosario, es una lista de términos y abreviaturas utilizados en el curso.

## PARTE I FUNDAMENTOS DEL MANTENIMIENTO

"... el mantenimiento es una ciencia, ya que su ejecución depende, tarde o temprano, de la mayoría o de todas las ciencias. Es un arte porque problemas aparentemente idénticos exigen y reciben con regularidad enfoques y acciones diferentes y porque algunos directivos, capataces y mecánicos muestran más aptitudes para ello de las que otros muestran o incluso alcanzan. Es, sobre todo, una filosofía porque es una disciplina que puede aplicarse intensamente, modestamente o no aplicarse en absoluto, dependiendo de una amplia gama de variables que con frecuencia trascienden las soluciones más inmediatas y obvias."

Estos primeros capítulos contienen información básica relacionada con el campo del mantenimiento de la aviación y deben considerarse antecedentes para la gestión del mantenimiento. **El capítulo 1** comienza con una discusión de las razones fundamentales por las que tenemos que hacer mantenimiento en primer lugar. Después de todo, nuestras habilidades y técnicas han mejorado enormemente a lo largo de los 100 años de historia del vuelo, pero no hemos alcanzado la perfección total. Y, teniendo en cuenta el número de componentes de un avión moderno, nos damos cuenta desde el principio de que el mantenimiento es un proceso complejo y continuo. Por ello, tenemos que abordarlo de forma sistemática.

Necesitamos un programa bien pensado para abordar las diversas actividades que encontraremos en este empeño, por lo que en el **capítulo 2** estudiaremos los procedimientos de la industria para desarrollar un programa de mantenimiento inicial. Se discutirán los distintos paquetes de comprobaciones de mantenimiento (el chequeo de 48 horas y de tránsito, el chequeo mensual "A", el chequeo anual "C", etc.) que se utilizan para llevar a cabo las tareas de mantenimiento, para realizar las tareas de mantenimiento. A continuación, abordamos el proceso continuo de ajuste de ese programa durante la vida útil del equipo. **En el capítulo 3**, establecemos las metas y los objetivos de un programa de mantenimiento de aerolíneas que sirva para la operación en la vida real.

**En el capítulo 4** se analizan los amplios requisitos de certificación impuestos a la industria de la aviación desde el diseño original del vehículo hasta el establecimiento de los operadores comerciales y las personas que los dirigen. La documentación de la aeronave, su funcionamiento y su mantenimiento, se trata en **el Capítulo 5** e incluye los documentos elaborados por los fabricantes de equipos, por las autoridades reguladoras y por la propia compañía aérea.

**El Capítulo 6** identificará las actividades requeridas por la FAA para llevar a cabo el mantenimiento, así como los requisitos adicionales que los operadores consideren necesarios para coordinar e implementar un programa eficaz de mantenimiento e ingeniería. **El Capítulo 7** define una organización de mantenimiento e ingeniería (M&E) para una aerolínea típica de tamaño medio. También se discutirán las variaciones para aerolíneas más grandes y más pequeñas. La Parte I, por tanto, puede servir de base para el resto del curso y, si se desea, puede utilizarse como base para un primer curso o un curso introductorio sobre el tema de la gestión del mantenimiento de la aviación.

## CAPÍTULO 1

### ¿POR QUÉ HAY QUE HACER MANTENIMIENTO?

¿Por qué hay que hacer mantenimiento? Es sencillo: "El mantenimiento de una aeronave garantiza la seguridad del vuelo, la fiabilidad y la aeronavegabilidad". El departamento de mantenimiento de la aeronave es responsable de realizar todas las tareas de mantenimiento según los requisitos del fabricante de la aeronave y de la empresa. El objetivo es que la aeronave sea segura, fiable y apta para el vuelo.

El departamento de mantenimiento de aeronaves se encarga del mantenimiento y del mantenimiento preventivo para garantizar la fiabilidad, que se traduce en la disponibilidad de la aeronave. Estas funciones no excluyen un fallo aleatorio o la degradación de cualquier pieza o sistema, pero el mantenimiento y los chequeos rutinarios evitarán que se produzcan y mantendrán la aeronave en buenas condiciones de vuelo.

### REPASO DE TERMODINÁMICA

Casi todos los estudiantes de ingeniería tienen que hacer un curso de termodinámica en sus años de licenciatura. Para algunos estudiantes, los aerodinámicos y los ingenieros de centrales eléctricas, por ejemplo, la termodinámica es un requisito importante para graduarse. Otros, como los ingenieros eléctricos, por ejemplo, toman el curso como un requisito necesario para graduarse. Por supuesto, la termodinámica y otras muchas asignaturas son "obligatorias" para todos los ingenieros porque se aplican a las distintas teorías de la ciencia y la ingeniería que deben entenderse para la obtención del título de la ciencia y la ingeniería que deben entenderse para aplicar eficazmente el "aprendizaje universitario" al mundo real. Al fin y al cabo, en eso consiste la ingeniería: en tender un puente entre la teoría y la realidad.

Hay un concepto de la termodinámica que a menudo desconcierta a los estudiantes. Ese concepto se denomina entropía. Los expertos académicos en el campo de la termodinámica se reunieron un día (como explicó un profesor de termodinámica) para crear una ecuación termodinámica clásica que describiera toda la energía de un sistema, cualquier sistema. Cuando terminaron, tenían una ecuación de más de varios términos; y todos estos términos, excepto uno, eran fácilmente explicables. Identificaron los términos de la energía térmica, la energía potencial, la energía cinética, etc.,

pero quedaba un término. Se quedaron perplejos sobre el significado de este término. Sabían que habían hecho el trabajo correctamente; el término tenía que representar la energía. Así que, tras muchas reflexiones de estos expertos, el misterioso término se denominó "energía no disponible", es decir, energía que no se puede utilizar. Esta explicación satisfacía la ley básica de la termodinámica, según la cual la energía no puede crearse ni destruirse; sólo puede transformarse. Y ayudó a validar su ecuación.

Aclaremos un poco más esta cuestión. La energía se aplica para crear un sistema manipulando, procesando y organizando diversos elementos del universo. Se aplica más energía para que el sistema haga su trabajo prescrito. Y siempre que el sistema funciona, la suma total de su energía de salida es menor que la energía total de entrada. Aunque parte de esto puede atribuirse a la pérdida de calor por fricción y otras acciones similares y rastreables, sigue habiendo un desequilibrio de energía. Definir la entropía como la "energía no disponible" de un sistema rectifica ese desequilibrio.

El difunto Dr. Isaac Asimov, biofísico y prolífico escritor de hechos científicos y de ciencia ficción,<sup>1</sup> tenía la capacidad única de explicar la ciencia más difícil al profano en términos sencillos y comprensibles. El Dr. Asimov dice que, si quiere entender el concepto de entropía en términos prácticos, piense en él como la diferencia entre el sistema teóricamente perfecto que tiene en la mesa de dibujo y el sistema físico real que tiene entre manos. En otras palabras, podemos diseñar sistemas perfectos sobre el papel, pero no podemos construir sistemas perfectos en el mundo real. La diferencia entre lo que diseñamos y lo que podemos construir constituye la entropía natural del sistema.

## LA HOJA DE UNA SIERRA TIENE SU ANCHO

Este concepto de entropía, o energía no disponible, puede ilustrarse con un ejemplo sencillo. Matemáticamente, es posible tomar la mitad de un número repetidamente para siempre. Es decir, la mitad de uno es  $1/2$ ; la mitad de eso es  $1/4$ , la mitad de eso es  $1/8$ , y así hasta el infinito. Aunque el número resultante es cada vez más pequeño cada vez que se divide, se puede continuar el proceso mientras se pueda soportar, y nunca se llegará al final.

Ahora, coge un trozo de madera de unos 60 centímetros de largo (un 2 × 4 servirá) y una sierra de corte transversal. Corta la tabla por la mitad (en la dimensión corta). A continuación, coge uno de los trozos y córtalo por la mitad. Puedes continuar así hasta que llegues a un punto en el que ya no puedas sujetar la tabla para aserrirla. Pero, incluso si pudieras encontrar alguna forma de sostenerla mientras la aserras, pronto llegarías a un punto en el que la pieza que te queda por cortar es más fina que la propia hoja de la sierra. Cuando (si) la sierra una vez más, no quedará nada en absoluto, sólo el montón de serrín en el suelo. El número de cortes realizados será mucho menor que el número infinito de veces que dividió el número por dos en teoría.

El hecho de que la hoja de sierra tenga anchura y que el acto de aserrar cree un corte en la madera más ancho que la propia hoja de sierra, constituye la entropía de este sistema. Y por muy fina que sea la hoja de sierra, el hecho de que tenga anchura limitará el número de cortes que se pueden hacer. Incluso un rayo láser tiene anchura. Este es un ejemplo bastante simple, pero se puede ver que el mundo real no es el mismo que el teórico en el que viven los científicos y algunos ingenieros. Nada es perfecto.

## EL PAPEL DEL INGENIERO

El diseño de sistemas o componentes no sólo está limitado por las imperfecciones del mundo físico (es decir, la "entropía natural" del sistema), también está limitado por una serie de otras restricciones que podríamos denominar "entropía artificial". Un ingeniero de diseño puede estar limitado para realizar el diseño perfecto por la tecnología o el estado del arte en cualquier faceta del esfuerzo de diseño. Puede estar limitado por la habilidad o la técnica; o, la mayoría de las veces, el diseñador puede estar limitado por la economía; es decir, simplemente no hay suficiente dinero para construir ese sistema casi perfecto que está en el tablero de dibujo o en la mente del diseñador. Aunque el diseñador está limitado por muchos factores, en la tradición de la buena práctica de la ingeniería, el diseñador está obligado a construir el mejor sistema posible dentro de las restricciones dadas.

Otra situación común en el diseño ocurre cuando el diseñador ha producido lo que cree que es el sistema óptimo cuando el jefe, responsable del presupuesto, pregunta: "¿Cuánto costará construir esto?". El diseñador ha calculado meticulosamente que estos widgets pueden producirse en masa por 1200 dólares cada uno. "Genial", dice el jefe. "Ahora rediseña para que podamos construirlo por menos de mil dólares". Eso significa rediseñar, normalmente con tolerancias reducidas, materiales más baratos y, por desgracia, más entropía. Más entropía se traduce a veces en más mantenimiento necesario. La principal preocupación del ingeniero de diseño, por tanto, es minimizar (no eliminar) la entropía del sistema que está diseñando, manteniéndose dentro de las limitaciones requeridas.

# EL PAPEL DEL MECÁNICO

El mecánico [técnico de mantenimiento de aeronaves (AMT), reparador o mantenedor], en cambio, tiene un problema diferente. Remitámonos, una vez más, al campo de la termodinámica. Un punto importante que hay que entender es que la entropía no sólo existe en todos los sistemas, sino que la entropía de un sistema siempre aumenta. Eso significa que el nivel de perfección (*¿imperfección?*) diseñado no será permanente. Algunos componentes o sistemas se deteriorarán por el uso, y otros por la falta de uso (relacionado con el tiempo o el entorno). El mal uso por parte de un operario o usuario también puede causar un deterioro o degradación prematura del sistema o incluso un daño total. Este deterioro o degradación del sistema representa un aumento de la entropía total del sistema. Por lo tanto, mientras que el trabajo del ingeniero es minimizar la entropía de un sistema durante el diseño, el trabajo del mecánico es combatir el aumento natural y continuo de la entropía del sistema durante su vida operativa.

En resumen, es responsabilidad del ingeniero diseñar el sistema con el mayor grado de perfección (baja entropía) posible dentro de unos límites razonables. La responsabilidad del mecánico es desmontar y sustituir los repuestos, solucionar los problemas de los sistemas, aislar los fallos de los sistemas siguiendo el manual de aislamiento de fallos (FIM, tratado en el capítulo 5) y restaurar los sistemas para su uso previsto.

## DOS TIPOS DE MANTENIMIENTO

La figura 1-1 es un gráfico que muestra el nivel de perfección de un sistema típico. El cien por cien de perfección se encuentra en la parte superior del eje Y. El eje X representa el tiempo. No hay números en las escalas de ninguno de los ejes, ya que los valores reales no tienen ningún significado en esta discusión teórica. El extremo izquierdo de la curva muestra el nivel de perfección alcanzado por los diseñadores de nuestro sistema del mundo real. Obsérvese que la curva empieza a girar hacia abajo con el tiempo. Esto es una representación del aumento natural de la entropía del sistema - el deterioro natural del sistema- con el paso del tiempo. Cuando el sistema se deteriora hasta un nivel de perfección más bajo (fijado arbitrariamente), llevamos a cabo alguna acción correctiva: ajustar, retocar, revisar o alguna otra forma de mantenimiento para restaurar el sistema a su nivel de perfección diseñado.

Es decir, reducimos la entropía a su nivel original. Esto se llama mantenimiento preventivo y suele realizarse a intervalos regulares. Se realiza para evitar el deterioro del sistema hasta un nivel inutilizable y para mantenerlo en condiciones de funcionamiento. A veces se denomina mantenimiento programado. Este programa puede ser diario, cada vuelo, cada 200 horas de vuelo o cada 100 ciclos (un ciclo es un despegue y un aterrizaje).

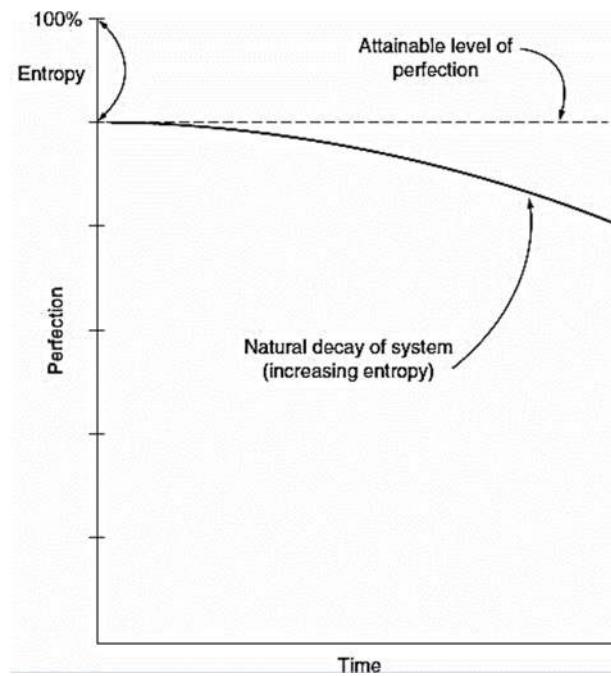


Figura 1-1 La diferencia entre la teoría y la práctica.

La figura 1-2 muestra el sistema restaurado a su nivel normal (curvas a y b). Por supuesto, hay momentos en los que el sistema se deteriora con bastante rapidez en servicio hasta alcanzar un nivel de perfección bajo (curva c). Otras veces, el sistema se rompe por completo (curva d). En estos casos, las acciones de mantenimiento necesarias para restablecer el sistema son más definitivas y suelen requerir extensas pruebas, localización de averías, ajustes y, muy a menudo, la sustitución, restauración o revisión completa de repuestos o subsistemas. Dado que estas averías se producen a

intervalos diversos e imprevisibles, las acciones de mantenimiento empleadas para corregir el problema se denominan mantenimiento no programado.

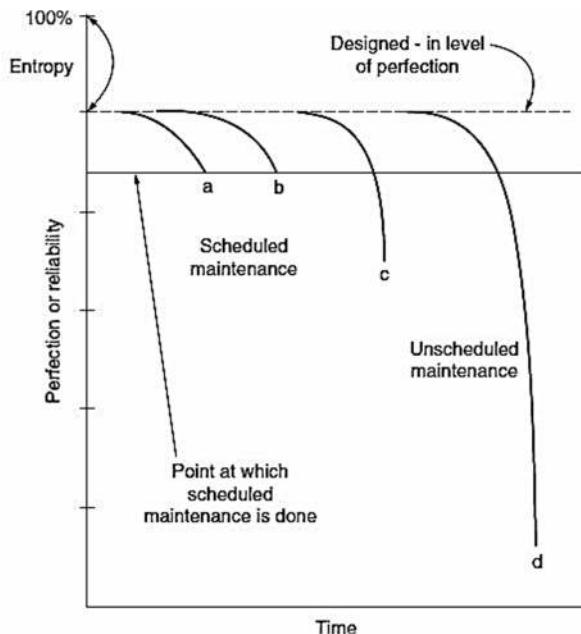


Figura 1-2 Restauración de la perfección del sistema.

## FIABILIDAD

El nivel de perfección del que hemos hablado también puede denominarse fiabilidad del sistema. El nivel de perfección diseñado se conoce como la fiabilidad inherente del sistema. Es lo mejor que puede hacer el sistema durante su funcionamiento en el mundo real. Ningún tipo de mantenimiento puede aumentar la fiabilidad del sistema por encima de este nivel inherente. Sin embargo, es deseable que el operador mantenga este nivel de fiabilidad (o este nivel de perfección) en todo momento. En los capítulos 13, 14 y 18 hablaremos con más detalle de la fiabilidad y el mantenimiento. 13, 14 y 18. Pero hay un punto más importante que tratar: el rediseño del equipo.

## REDISEÑO

La figura 1-3 muestra la curva original de nuestro sistema teórico, la curva A. La línea discontinua muestra el nivel de perfección original del sistema. Sin embargo, nuestro sistema ha sido rediseñado para alcanzar un mayor nivel de perfección, es decir, un mayor nivel de fiabilidad con la correspondiente disminución de la entropía total. Durante este rediseño, pueden haberse utilizado nuevos componentes, nuevos materiales o nuevas técnicas para reducir la entropía natural del sistema. En algunos casos, puede producirse una reducción de la entropía artificial debido a que el diseñador aplicó tolerancias más estrictas, alcanzó mejores habilidades de diseño o cambió la filosofía de diseño.

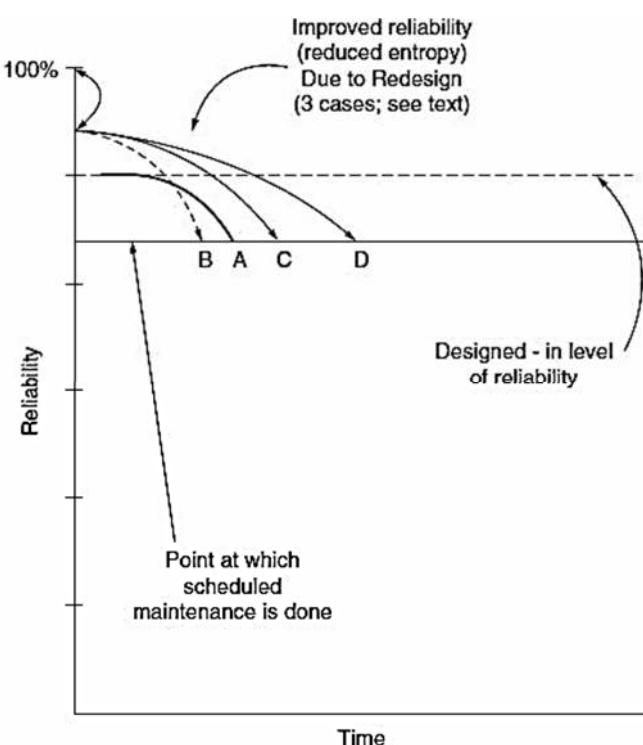


Figura 1-3 Efectos del rediseño en la fiabilidad del sistema.

Aunque los diseñadores hayan reducido la entropía del sistema, éste seguirá deteriorándose. Es muy posible que la tasa de deterioro cambie con respecto al diseño original en función de numerosos factores; así, la pendiente de la curva puede aumentar, disminuir o permanecer igual. Sea cual sea el caso, los requisitos de mantenimiento del sistema podrían verse afectados de alguna manera.

Si el decaimiento es más pronunciado, como en (B) en la Fig. 1-3, el punto en el que es necesario realizar el mantenimiento preventivo podría ocurrir antes, y el intervalo entre las acciones posteriores sería más corto. El resultado es que el mantenimiento será necesario con más frecuencia. En este caso, la fiabilidad inherente, pero se necesita más mantenimiento para mantener ese nivel de fiabilidad (nivel de perfección). A menos que se mejoren las características de rendimiento del sistema, este rediseño puede no ser aceptable. Hay que decidir si la mejora del rendimiento justifica un mayor mantenimiento y, por tanto, un aumento de los costes de mantenimiento.

Por el contrario, si la tasa de decaimiento es la misma que antes, como se muestra en la curva C de la Fig. 1-3, o menos pronunciada, como se muestra en la curva D, entonces el intervalo de mantenimiento se incrementaría y la cantidad total de mantenimiento preventivo podría reducirse. La cuestión que hay que considerar es la siguiente: ¿La reducción del mantenimiento justifica el coste del rediseño? Esta pregunta, por supuesto, es una cuestión que deben considerar los diseñadores, no el personal de mantenimiento. Uno de los principales factores del rediseño es el coste. La figura 1-4 muestra los gráficos de dos relaciones conocidas y opuestas. La curva superior es logarítmica. Representa la perfección. Cuanto más nos acerquemos a la perfección (parte superior de la ilustración), más difícil será conseguir un aumento sustancial. (Nunca llegaremos al 100%). La curva inferior representa el coste de esos esfuerzos continuos por mejorar el sistema. Se trata, por desgracia, de una curva exponencial. Cuanto más intentemos acercarnos a la perfección, más nos va a costar. Es evidente, pues, que los diseñadores están limitados en su objetivo de perfección, no sólo por la entropía, sino también por los costes. La combinación de estas dos limitaciones es básicamente la responsable de nuestra profesión de mantenimiento creciente que se alcanza con los esfuerzos de diseño más sofisticados.

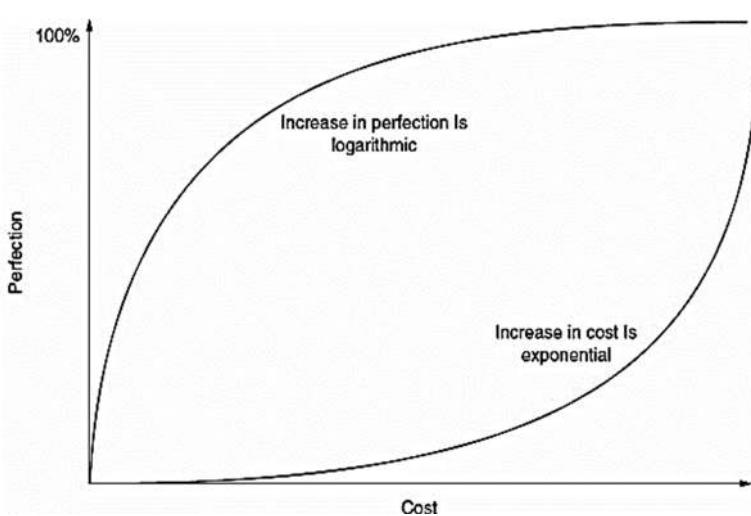


Figura 1-4 Perfección frente a coste.

## PATRONES DE TASA DE FALLOS

El mantenimiento, por supuesto, no es tan sencillo como podría concluirse de la discusión anterior sobre la entropía. Hay un hecho importante que hay que reconocer: no todos los sistemas o componentes fallan a la misma velocidad ni todos presentan el mismo patrón de desgaste y fallo. Como es de esperar, la naturaleza del mantenimiento realizado en estos componentes y sistemas está relacionada con esos índices y patrones de fallo.

United Airlines realizó algunos estudios sobre las tasas de fallo durante la vida útil y encontró seis patrones básicos.<sup>2</sup> Estos se muestran en la Tabla 1-1. Los ejes verticales muestran las tasas de fallos y los ejes horizontales indican el tiempo. No se muestran valores en las escalas, ya que no son realmente importantes para la discusión.

	A. Infant mortality; constant or slightly rising failure rate; definite wear-out period (4%)
	B. No infant mortality; slightly rising failure rate; definite wear-out period (2%)
	C. No infant mortality; slightly rising rate; no definite wear-out period (5%)
	D. Increasing failure rate at outset; constant or slightly rising rate; no definite wear-out period (7%)
	E. No infant mortality; constant failure rate throughout life; no definite wear-out period (14%)
	F. Infant mortality; constant failure rate throughout life; no definite wear-out period (68%)

CUADRO 1-1 Patrones de tasas de fallo

Fuente: F. Stanley Nowlan y Howard F. Heap: *Reliability-Centered Maintenance*; U.S. Department of Commerce, National Technical Information Service, Washington, DC, 1978.

La curva A muestra lo que comúnmente se conoce como la curva de la "bañera", por razones obvias. Este patrón de tasa de fallos muestra una alta tasa de fallos durante la primera parte de la vida del componente, conocida como mortalidad infantil. Este es uno de los problemas de la ingeniería. Algunos componentes presentan fallos tempranos por varias razones: mal diseño, repuestos inadecuadas o uso incorrecto. Una vez resueltos los errores y el equipo se asientan en su patrón, la tasa de fallos se estabiliza o aumenta ligeramente con el tiempo. Es decir, hasta las últimas etapas de la vida del componente. El rápido aumento mostrado en la curva A cerca del final de su vida útil es una indicación de desgaste. El límite físico de los materiales del componente se ha alcanzado. La curva B no presenta mortalidad infantil, sino que muestra una característica de tasa de fallo nivelada o ligeramente creciente a lo largo de la vida del componente hasta que se muestra un periodo de desgaste definitivo hacia el final. La curva C muestra componentes con una tasa de fallos ligeramente creciente sin mortalidad infantil y sin un periodo de desgaste discernible, pero en algún momento se vuelve inutilizable.

La curva D muestra una tasa de fallos baja cuando es nuevo (o acaba de salir del taller), que aumenta hasta un nivel estable y se mantiene durante la mayor parte de la vida del componente. La curva E es un componente ideal: no hay mortalidad infantil ni período de desgaste, sólo una tasa de fallos constante (o ligeramente creciente) a lo largo de su

vida. La curva F muestra componentes con una mortalidad infantil seguida de una tasa de fallos nivelada o ligeramente creciente y sin periodo de desgaste.

El estudio de United Airlines demostró que sólo un 11% de los elementos incluidos en el experimento (los que aparecen en las curvas A, B y C de la Tabla 1-1) se beneficiarían del establecimiento de límites de funcionamiento o de la aplicación de un chequeo repetida de las condiciones de desgaste. El 89% restante no lo haría. Por lo tanto, el tiempo de fallo o el deterioro más allá de los niveles útiles podría predecirse sólo en el 11 por ciento de los artículos (curvas A, B y C de la Tabla 1-1). El 89% restante (representado por las curvas D, E y F de la Tabla 1-1) requeriría algún otro enfoque. La implicación de esta variación es que los componentes con límites de vida definidos y/o períodos de desgaste se beneficiarán del mantenimiento programado. Sin embargo, no todos ellos deberán ser mantenidos o sustituidos al mismo tiempo, pero pueden ser programados; y la actividad de mantenimiento requerida puede repartirse a lo largo del tiempo disponible, evitando así picos y valles en la carga de trabajo. El 89% restante, por desgracia, tendrá que funcionar hasta el fallo antes de que se realice la sustitución o reparación. Esto, al ser imprevisible, daría lugar a la necesidad de mantenimiento en momentos extraños y a diversos intervalos; es decir, un mantenimiento no programado.

Estas características de las averías hacen necesario enfocar el mantenimiento de forma sistemática, para reducir los períodos punta de mantenimiento no programado. La industria ha tenido en cuenta este aspecto y ha empleado varias técnicas en el diseño y la fabricación de aeronaves y sistemas para dar respuesta al problema. Estas técnicas se analizan en la siguiente sección.

## OTRAS CONSIDERACIONES SOBRE EL MANTENIMIENTO

La industria de la aviación ha desarrollado tres técnicas de gestión para hacer frente a las interrupciones en servicio creadas por los elementos que deben funcionar hasta el fallo antes de que se pueda realizar el mantenimiento. Se trata de la redundancia de equipos, las unidades sustituibles en línea y los requisitos de despacho mínimo de las aeronaves.

El concepto de redundancia de ciertos componentes o sistemas es bastante común en el diseño de ingeniería de sistemas en los que se desea una alta fiabilidad. En el caso de las unidades redundantes -normalmente denominadas unidades primarias y de reserva- si una unidad falla, la otra está disponible para asumir la función. Por ejemplo, en la aviación la mayoría de los aviones comerciales tienen dos radios de alta frecuencia (HF). Sólo se necesita una para las comunicaciones, pero la segunda está ahí como respaldo en caso de que la primera falle.

Una característica única de las unidades redundantes también afecta a los requisitos de mantenimiento. Si tanto la unidad primaria como la de reserva están instrumentadas de tal manera que la tripulación de vuelo es consciente de cualquier mal funcionamiento, no se requiere un chequeo previo de mantenimiento para indicar esa incapacidad. Por otro lado, si ninguno de los dos sistemas está instrumentado de esta manera, el personal de mantenimiento tendría que realizar algún chequeo en ambos sistemas, el primario y el de reserva (en el tránsito u otro chequeo), para determinar la capacidad de servicio.

Sin embargo, muy a menudo, un sistema (normalmente el de reserva) está instrumentado para mostrar la capacidad de servicio a la tripulación. Si se realiza un chequeo de mantenimiento en el otro (es decir, el primario), la tripulación puede estar segura de que está en funcionamiento. En caso de fallo, ya tienen una indicación positiva, a través de la instrumentación, de que el sistema de reserva está disponible y es utilizable. El propósito de esta disposición es lograr un equilibrio entre la cantidad de instrumentación que se utiliza y la cantidad de mantenimiento que se requiere para garantizar la capacidad de servicio del sistema. En algunos casos, el sistema de reserva entra automáticamente en servicio cuando el sistema primario. Las necesidades de la tripulación durante el vuelo son la principal preocupación a la hora de tomar estas decisiones.

Otro concepto común utilizado en la aviación es el de unidad reemplazable en línea (LRU). Una LRU es un componente o sistema que ha sido diseñado de tal manera que las partes que más comúnmente fallan pueden ser rápidamente removidas y reemplazadas en el vehículo. Esto permite que el vehículo vuelva al servicio programado sin retrasos indebidos para el mantenimiento. La pieza defectuosa se puede desechar o reparar en el taller, según sea necesario, sin retrasar más el vuelo.

El tercer concepto para minimizar los retrasos por mantenimiento en la aviación se conoce como lista de equipo mínimo (MEL). Esta lista permite que un vehículo sea enviado al servicio con ciertos elementos inoperativos siempre que la pérdida de función no afecte a la seguridad y a la operación del vuelo. Estos elementos son cuidadosamente determinados por el fabricante y sancionados por la autoridad reguladora durante las primeras etapas de diseño y prueba del vehículo. El fabricante publica una lista maestra de equipamiento mínimo (MMEL) que incluye todos los equipos y accesorios disponibles para el modelo de avión. A continuación, la compañía aérea adapta el documento a su

*propia configuración para elaborar la MEL (más información al respecto en el capítulo 5). Muchos de estos elementos de la MEL están asociados a sistemas redundantes. El concepto de la MEL permite aplazar el mantenimiento sin alterar los requisitos de la misión. Sin embargo, el mantenimiento debe realizarse dentro de ciertos períodos prescritos, comúnmente 1, 3, 10 o 30 días, dependiendo de los requisitos operativos del sistema.*

*Los elementos son identificados en la MMEL por el personal de la tripulación de vuelo durante las últimas etapas del desarrollo de la nueva aeronave. Así, el personal de vuelo determina qué sistemas pueden volar con seguridad la misión sin ellos o en una condición degradada. Este personal de la tripulación de vuelo también determina cuánto tiempo (1, 3, 10 o 30 días) pueden tolerar esta condición. Aunque esto se determina en términos generales antes de entregar el avión, la tripulación de vuelo a bordo toma la decisión final basándose en las condiciones reales en el momento del envío. El piloto al mando (PIC) puede, basándose en las circunstancias existentes, decidir no despachar hasta que se realicen las reparaciones o puede elegir aplazar el mantenimiento según la MEL de la aerolínea. El personal de mantenimiento debe acatar esa decisión.*

*Asociada a la MEL hay una guía de desviación de despacho (DDG) que contiene instrucciones para la tripulación de mantenimiento de línea cuando la desviación requiere alguna acción de mantenimiento que no es necesariamente obvia para el mecánico. El fabricante del avión publica una guía de desviación de despacho para instruir al mecánico sobre estas desviaciones. La DDG contiene información como atar los cables y tapar los conectores de las unidades retiradas, abrir y colocar placas en los disyuntores para evitar el encendido involuntario de ciertos equipos durante el vuelo, y cualquier otra acción de mantenimiento que deba tomarse por razones de precaución. Similar a la MEL es una lista de desviación de configuración (CDL). Esta lista proporciona información sobre el envío del avión en caso de que falten determinados paneles o cuando se observen otras diferencias de configuración que no afecten a la seguridad. La lista de elementos de equipamiento y mobiliario no esenciales (NEF) contiene los elementos más comúnmente aplazados que no afectan a la aeronavegabilidad o a la seguridad del vuelo de la aeronave. También forma parte del sistema MEL.*

*Aunque las averías en estas complejas aeronaves pueden producirse de forma aleatoria y llegar en momentos inoportunos, estas tres acciones de gestión -redundancia de diseño, unidades sustituibles en línea y requisitos mínimos de envío- pueden ayudar a suavizar la carga de trabajo y reducir las interrupciones del servicio.*

## **ESTABLECIMIENTO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO**

*Aunque la calidad y la fiabilidad de los componentes y sistemas, así como los materiales y los procedimientos, han mejorado considerablemente a lo largo de los 100 años de vida de la aviación, todavía no hemos alcanzado la perfección total. Los equipos de aviación, por muy buenos o fiables que sean, siguen necesitando atención de vez en cuando.*

*El mantenimiento y la revisión programados son necesarios para garantizar el nivel de perfección (fiabilidad) diseñado. Debido a la naturaleza del mundo real, algunos de estos componentes y sistemas, tarde o temprano, se deteriorarán más allá de un nivel tolerable o fallarán por completo. En otros casos, los usuarios, operadores o incluso el personal de mantenimiento que interactúa con estos componentes y sistemas puede hacer un mal uso o incluso abusar del equipo hasta el punto de dañarlo o deteriorarlo, lo que requerirá algún tipo de acción de mantenimiento no programado que es algo errático e incierto. A menudo se producen oleadas de trabajo y períodos sin trabajo que hay que gestionar para suavizar la carga de trabajo y estabilizar las necesidades de mano de obra.*

*Los componentes que presentan límites de vida útil o características de desgaste medibles pueden formar parte de un programa de mantenimiento sistemático y programado. La redundancia de diseño, las unidades reemplazables en línea y los requisitos de despacho mínimo se han establecido como esfuerzos de gestión para suavizar la carga de trabajo de mantenimiento. Pero hay numerosos componentes y sistemas en una aeronave que no se prestan a tal ajuste por conveniencia. Ocasionalmente, las inspecciones y/o modificaciones de los equipos son dictadas -dentro de unos límites de tiempo específicos- por los reguladores de la aviación, así como por los fabricantes. Por lo tanto, es necesario que la organización de mantenimiento e ingeniería de una aerolínea esté preparada para abordar el mantenimiento de las aeronaves y los sistemas de las aeronaves con un programa bien pensado y bien ejecutado. El resto de este curso de curso abordará el proceso multifacético conocido como mantenimiento e ingeniería de aeronaves.*

*El programa que aquí se discute se ha creado a lo largo de los años gracias a los esfuerzos concentrados e integrados de los pilotos, las aerolíneas, el personal de mantenimiento, los fabricantes, los proveedores de componentes y sistemas, las autoridades reguladoras y las organizaciones profesionales y empresariales de la industria de la aviación. No todas las aerolíneas necesitarán organizarse y operar de la misma manera o estilo, pero los programas y actividades discutidos en este curso se aplicarán a todos los operadores.*

## CAPÍTULO 2

### DESARROLLO DE PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO

Los programas de mantenimiento actualmente en uso en la aviación comercial fueron desarrollados por la industria utilizando dos enfoques básicos: el enfoque orientado al proceso y el enfoque orientado a la tarea. Las diferencias entre estos dos métodos son dos: (a) la actitud hacia las acciones de mantenimiento y (b) la forma en que se determinan y asignan las acciones de mantenimiento a los componentes y sistemas. Aunque la industria de la aviación comercial ha pasado recientemente al enfoque orientado a las tareas para los modelos de avión más recientes, hay muchos aviones más antiguos que siguen en servicio cuyos programas de mantenimiento se desarrollaron con el enfoque orientado a los procesos. En los últimos años, McDonnell-Douglas (ahora parte de Boeing) y Boeing han desarrollado nuevos programas de mantenimiento orientados a las tareas para algunos de estos modelos de aviones más antiguos. Los operadores pueden comprar estos nuevos programas al fabricante.

El enfoque de mantenimiento orientado a procesos utiliza tres procesos de mantenimiento principales para llevar a cabo las acciones de mantenimiento programadas. Estos procesos se denominan hard time (HT), en condición (OC) y monitoreo de condición (CM). Los procesos de hard time y en condiciones se utilizan para componentes o sistemas que, respectivamente, tienen límites de vida definidos o períodos de desgaste detectables. Se trata de los elementos de las categorías A, B y C que se comentan en el capítulo 1 y que se ilustran en la tabla 1-1. El proceso de supervisión de la condición se utiliza para supervisar los sistemas y componentes que no pueden utilizar los procesos HT u OC. Estos elementos de CM son operados hasta el fallo, y las tasas de fallo se rastrean para ayudar a la predicción de fallos o a los esfuerzos de prevención de los mismos. Estos son los elementos "operados hasta el fallo" de las categorías D, E y F de la Tabla 1-1.

El enfoque del mantenimiento orientado a las tareas utiliza tareas de mantenimiento predeterminadas para evitar los fallos en servicio. A veces se utilizan redundancias de equipos para permitir que se produzcan fallos en servicio sin afectar negativamente a la seguridad y al funcionamiento. Se suele emplear un programa de fiabilidad (similar, pero más elaborado, al proceso de MC) para aquellos componentes o sistemas cuyas tasas de fallo no son predecibles y para aquellos que no tienen tareas de mantenimiento programadas. La fiabilidad se trata en el capítulo 18.

Ambas filosofías de mantenimiento -la orientada a procesos y la orientada a tareas- se discuten en general a continuación, junto con el método básico de generación del programa. La forma en que se determinan las tareas de mantenimiento y los intervalos de las mismas se discutirá en detalle en secciones posteriores.

#### EL ENFOQUE DEL GRUPO DIRECTIVO DE MANTENIMIENTO (MSG)

La empresa Boeing inició el enfoque moderno de desarrollo de programas de mantenimiento en 1968 con el avión Boeing 747, que era entonces el mayor avión comercial. Era el comienzo de una nueva era en la aviación, la era de los jumbos, y la compañía pensó que esta nueva era debía comenzar con un enfoque más sofisticado para el desarrollo de programas de mantenimiento. Organizaron equipos de representantes de los grupos de programas de diseño y mantenimiento de Boeing Company junto con representantes de los proveedores y de las aerolíneas que estaban interesadas en comprar el avión. También se incluyó a la FAA para garantizar que los requisitos reglamentarios se abordaran adecuadamente.

En el proceso utilizado participaron seis grupos de trabajo de la industria (IWG): (a) estructuras; (b) sistemas mecánicos; (c) motor y planta de potencia auxiliar (APU); (d) sistemas eléctricos y de aviónica; (e) controles de vuelo e hidráulicos; y (f) zonal. Cada grupo abordó sus sistemas específicos de la misma manera para desarrollar un programa de mantenimiento inicial adecuado. Con la información sobre el funcionamiento del sistema, los elementos importantes para el mantenimiento (MSI) y sus funciones asociadas, los modos de fallo, los efectos de los fallos y las causas de los mismos, el grupo analizó cada elemento utilizando un árbol lógico para determinar los requisitos.

Este enfoque del desarrollo del programa de mantenimiento se denominó enfoque "ascendente", ya que consideraba los componentes como las causas más probables de mal funcionamiento del equipo. El objetivo del análisis era determinar cuál de los tres procesos sería necesario para reparar el elemento y devolverlo al servicio. Los tres procesos se identificaron como HT, OC y CM, tal y como se ha definido anteriormente.

Este enfoque del grupo directivo de mantenimiento (MSG) para el desarrollo del programa de mantenimiento tuvo tanto éxito en el 747 que se modificó ligeramente para su uso con otras aeronaves. Se eliminaron las referencias específicas al avión 747 y el nuevo proceso generalizado pudo utilizarse en todas las aeronaves. Se rebautizó como MSG-2 y se aplicó

al desarrollo de programas de mantenimiento para los aviones Lockheed L-1011 y McDonnell-Douglas DC-10. Los fabricantes europeos introdujeron otras ligeras modificaciones en el proceso en 1972, y el procedimiento resultante utilizado en Europa pasó a denominarse EMSG.

El proceso MSG-2 era ligeramente diferente para las tres áreas de mantenimiento estudiadas: (a) sistemas y componentes; (b) estructuras; y (c) motores. El cuadro 2-1 resume los pasos para cada una de ellas:

Step number for			Analysis activity
System/comp	Structure	Engine	
1		1	Identify the systems and their significant items
		1	Identify significant structural items
2		2	Identify their functions, failure modes, and failure reliability
		2	Identify failure modes and failure effects
3		2	Identify their functions, failure modes, and failure effects
		3	Define scheduled maintenance tasks having potential effectiveness relative to the control of operational reliability
		3	Assess the potential effectiveness of scheduled inspections of structure
4		4	Assess the desirability of scheduling those tasks having potential effectiveness
		4	Assess the desirability of those inspections of structure which do have potential effectiveness
		5	Determine that initial sampling thresholds were appropriate

TABLA 2-1 Pasos del proceso MSG-2

Paso 1, identificar los elementos de mantenimiento o estructura que requieren análisis.

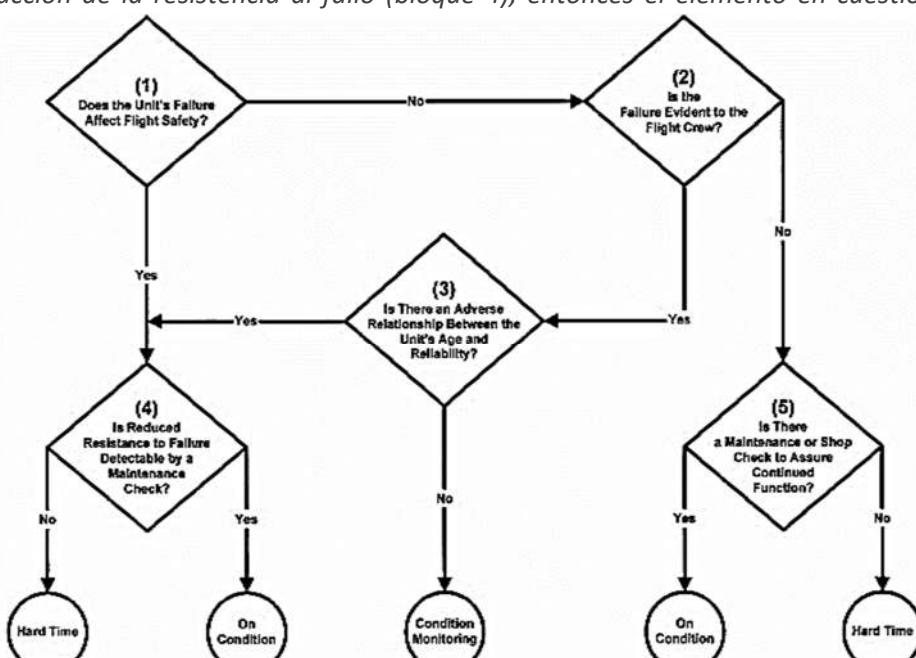
Paso 2, identificar las funciones y los modos de fallo asociados al elemento y el efecto de un fallo.

Paso 3, identificar las tareas que pueden tener una eficacia potencial.

Etapa 4, evaluar la aplicabilidad de esas tareas y seleccionar las que se consideren necesarias.

Paso 5, para las estructuras únicamente, evaluar los umbrales de muestreo iniciales.

El diagrama de flujo del proceso del documento MSG-2 es demasiado complejo para repetirlo aquí, especialmente porque el proceso MSG-2 ya no se utiliza. Sin embargo, es importante entender cómo se asignaron los procesos de mantenimiento a las tareas seleccionadas. La figura 2-1 es un diagrama simplificado de ese proceso. Brevemente, si el fallo de la unidad está relacionado con la seguridad (bloque 1) y existe un chequeo de mantenimiento disponible para detectar una reducción de la resistencia al fallo (bloque 4), entonces el elemento en cuestión se identifica como en



condiciones. Si no se dispone de dicho chequeo, el elemento se clasifica como en tiempo difícil. El alumno puede seguir la lógica de la Fig. 2-1 para las demás condiciones.

Figura 2-1 Diagrama de flujo simplificado del GMS-2.

Una vez determinada la acción de mantenimiento, era necesario definir la frecuencia con la que debía realizarse dicho mantenimiento. A continuación, se utilizaron los datos disponibles sobre las tasas de fallo, las tasas de retirada, etc. del elemento para determinar la frecuencia con la que debía realizarse el mantenimiento.

## MANTENIMIENTO ORIENTADO A PROCESOS

Los programas de mantenimiento orientados a procesos se desarrollan para la aviación utilizando procedimientos de lógica de decisión desarrollados por la Asociación de Transporte Aéreo de América (ATA). El proceso MSG-2 es un enfoque ascendente por el que cada unidad (sistema, componente o aparato) de la aeronave se analiza y se asigna a uno de los procesos primarios de mantenimiento, HT, OC o CM.

En general, el *hard time* significa la eliminación de un elemento en un intervalo predeterminado, normalmente especificado en tantas horas de vuelo o tantos ciclos de vuelo. En algunos casos, el intervalo de *hard time* puede ser en tiempo de calendario. En condiciones significa que el elemento se comprobará a intervalos especificados (en horas, ciclos o tiempo de calendario) para determinar su capacidad de servicio restante. El monitoreo de la condición implica el seguimiento de las tasas de fallo, las tasas de retirada, etc. para facilitar la planificación del mantenimiento. Veamos cada proceso con más detalle.

## EL PROCESO DE TIEMPO DIFÍCIL (HT)

El *tiempo difícil* es un proceso de prevención de fallos que requiere que el elemento se retire del vehículo y se revise completamente, se revise parcialmente (se restaure) o se deseche antes de superar el intervalo especificado. El intervalo de *hard time* puede especificarse por tiempo natural, por intervalo de chequeo del motor o del avión (cambio de motor, chequeo "C", etc.), por ciclos de aterrizaje o de funcionamiento, por horas de vuelo, por horas de bloque, por vuelos especificados (sobre el agua, terminando, etc.), o en conjunción con otro proceso (OC, por ejemplo).

Cuando se especifica HT, el componente será retirado del vehículo y se revisará, se restaurará o se desechará, según convenga. Esto se hará antes de que el componente haya superado el intervalo de tiempo especificado. La revisión o restauración del componente lo devolverá a un estado que garantice razonablemente un funcionamiento satisfactorio hasta la siguiente retirada programada. Lo ideal sería aplicar el *hard time* a un componente que siempre falla a las X horas de funcionamiento. Este componente se sustituiría en el último período de mantenimiento programado antes de la acumulación de X horas; así, el operador obtendría el máximo de horas del componente y éste nunca fallaría en servicio (idealmente).

El *hard time* también se aplica a los elementos que tienen un efecto adverso directo sobre la seguridad y a los elementos sujetos a una degradación de la fiabilidad con el paso del tiempo, pero que no tienen un posible control de mantenimiento para esa condición. Los primeros componentes, como veremos más adelante, no pueden someterse a un control de estado debido a la cuestión de la seguridad. Los segundos componentes, como los productos de caucho, no se prestan a ningún chequeo periódico de su estado; es decir, no hay ningún chequeo de OC para determinar el grado de utilidad restante.

Por ejemplo, la inspección estructural, la revisión del tren de aterrizaje y la sustitución de los repuestos del motor con vida útil limitada se controlan mediante el tiempo de vida útil. Frecuentemente, las conexiones mecánicas y los actuadores, las bombas y los motores hidráulicos, los motores eléctricos y los generadores, y otros elementos similares sujetos a un ciclo de desgaste definido también se identificarán como *tiempo difícil*. En el caso de los elementos con períodos de desgaste claramente definidos, el *hard time* es probablemente el proceso más económico. Sin embargo, estos elementos también pueden ser OC o CM, según el operador, siempre que no estén relacionados con la seguridad.

## EL PROCESO EN CONDICIONES (OC)

El proceso de mantenimiento en condiciones es un proceso de prevención de fallos que requiere que el elemento se inspeccione o compruebe periódicamente con respecto a alguna norma física adecuada (límites de desgaste o deterioro)

para determinar si el elemento puede seguir en servicio o no. Tras no superar un chequeo de OC, el componente debe ser revisado o restaurado hasta el punto de sustituir, como mínimo, los repuestos fuera de tolerancia. La revisión o reparación debe restablecer la unidad a una condición que ofrezca una garantía razonable de funcionamiento satisfactorio durante al menos un intervalo de control OC adicional. Si el elemento no puede ser revisado o restaurado, o si no puede ser restaurado a una condición en la que pueda funcionar un período de control OC más, entonces debe ser desecharo.

Los chequeos en condiciones deben limitarse a los componentes, equipos o sistemas en los que se puede determinar el mantenimiento de la aeronavegabilidad mediante mediciones, pruebas u otros medios sin realizar una inspección de desmontaje. Estas comprobaciones en condiciones deben realizarse dentro de los límites de tiempo (intervalos) prescritos para cada chequeo OC. La determinación del mantenimiento de la aeronavegabilidad en condiciones es un chequeo cuantitativo con tolerancias y/o límites de desgaste especificados que deben establecerse en los manuales de mantenimiento del operador.

Los chequeos programados periódicamente deben constituir una determinación significativa de la idoneidad para el funcionamiento continuado para otro intervalo de chequeo OC programado. Si el chequeo realizado proporciona suficiente información sobre el estado y la resistencia a los fallos del elemento para dar una garantía razonable de su aeronavegabilidad continuada durante el siguiente período de chequeo, el elemento se clasifica correctamente como en condiciones. Si el chequeo constituye meramente una tarea de mantenimiento -servicio, ajuste o determinación de si se puede o no se puede- y no revela de forma significativa el estado real, el elemento está, de hecho, operando como un elemento con control de estado. Debería clasificarse como CM y no como OC. En algunos casos, incluso podría clasificarse como HT. Un simple chequeo de funcionamiento no es un requisito aceptable para el proceso de estado. Los chequeos en condiciones deben medir o evaluar el estado de desgaste y/o deterioro del elemento.

El proceso en condiciones también abarca la recopilación periódica de datos que revelarán el estado físico de un componente, sistema o motor. Mediante el análisis y la evaluación, los datos de OC deben poder determinar la continuidad de la aeronavegabilidad y/o el deterioro de la resistencia a los fallos y la inminencia de los mismos. Los datos sobre el estado deben dirigirse a un componente, sistema o motor individual (por número de serie). Se trata de datos de fallo a priori (antes del hecho) que pueden utilizarse para medir la disminución de la esperanza de vida y/o predecir la inminencia del fallo. Los ejemplos de comprobaciones de OC son los siguientes (a) la banda de rodadura de los neumáticos y los forros de los frenos, (b) inspecciones programadas de motores por boroscopio, (c) análisis del aceite del motor, y (c) análisis del rendimiento del motor en vuelo (es decir, monitoreo del estado del motor o ECM). En cada uno de los casos mencionados, se puede medir la degradación y determinar, a partir de normas establecidas, cuánta vida útil o capacidad de servicio queda.

La mayoría de los operadores de aviones comerciales de Estados Unidos utilizan el proceso de estado para controlar la revisión de los motores. La determinación de cuándo retirar un motor se basa en los datos del motor recogidos por un programa ECM. Los datos que muestran la degradación del rendimiento del motor, como el consumo de aceite y combustible, los resultados de la inspección por boroscopio, las tendencias de las lecturas de los instrumentos registrados en vuelo, el análisis del aceite, etc., se comparan con las normas para predecir la disminución de la fiabilidad del motor y la inminencia del fallo. Los programas de datos de motores intentan proporcionar datos que indiquen la necesidad de retirar los motores antes de que se produzca una parada en vuelo (IFSD); es decir, son procesos de prevención de fallos.

Hay que recordar dos puntos sobre el proceso de puesta en marcha: (a) si se puede realizar un chequeo en condiciones satisfactoria para garantizar la capacidad de servicio con una probabilidad razonable hasta la siguiente chequeo de OC, o si la evaluación de los datos de OC recogidos predice la inminencia de un fallo, entonces el proceso de OC conseguirá una vida útil cercana a la máxima en los componentes y motores; y (b) la aplicabilidad de la chequeo en condiciones está limitada por el requisito de una medición de condiciones satisfactoria o datos pertinentes de predicción de fallos.

Los ejemplos de componentes susceptibles de ser sometidos al proceso "on-condition" son los siguientes:

1. Pernos indicadores de desgaste de los frenos: Comparar el estado de desgaste de los frenos con un estándar o límite especificado. El desgaste de los frenos variará considerablemente entre los operadores debido a las condiciones operativas y a los hábitos de la tripulación, pero el chequeo de los pasadores indicadores de desgaste OC ayudará a conseguir un uso casi máximo de cada juego de frenos.
2. Cables de control: Mida estos para el diámetro, la tensión y los hilos rotos.
3. Varillas de control, poleas, rodillos, tornillos, etc.: Mida el desgaste, la holgura o el juego lateral.

## EL PROCESO DE MONITORIZACIÓN DE LA CONDICIÓN (CM)

*El proceso de monitoreo de la condición se aplica cuando no se puede aplicar ni el proceso de tiempo duro ni el de condición. El proceso de monitoreo de la condición implica el seguimiento de las tasas de fallo, las retiradas, etc. de componentes individuales o sistemas que no tienen una vida útil definida o un período de desgaste notable. El monitoreo de la condición no es un proceso de prevención de fallos, como lo son el HT y el OC. No hay tareas de mantenimiento adecuadas para evaluar la esperanza de vida del elemento de MC y no se exige la sustitución del elemento antes de que falle. No se pueden utilizar normas de tiempo ni de estado para controlar los elementos CM porque estos componentes no tienen tales atributos. Por lo tanto, los componentes CM se operan hasta que se produce un fallo y la sustitución de los elementos CM es una acción de mantenimiento no programada.*

*Dado que los elementos CM funcionan hasta el fallo, la ATA establece que estos elementos deben cumplir las siguientes condiciones 1:*

1. *Un elemento CM no tiene un efecto directo y adverso en la seguridad cuando falla; es decir, la aeronave sigue volando hasta un aterrizaje seguro. Por lo general, los elementos CM sólo tienen este efecto indirecto y no adverso en la seguridad debido a la redundancia del sistema.*
2. *Un elemento CM no debe tener ninguna función oculta (es decir, un malfuncionamiento que no sea evidente para la tripulación) cuyo fallo pueda tener un efecto adverso directo en la seguridad. Sin embargo, si hay una función oculta y la disponibilidad o el funcionamiento de esa función oculta se verifica mediante una prueba operativa programada u otra prueba no de medición realizada por la tripulación de vuelo o la tripulación de mantenimiento, el CM puede seguir utilizándose.*
3. *Un elemento de CM debe estar incluido en el programa de monitorización de la condición o de fiabilidad del operador; es decir, debe haber algún tipo de recogida y análisis de datos para esos elementos para que el mantenimiento obtenga una mejor comprensión de la naturaleza de los fallos de esos componentes o sistemas.*

*Además de las estipulaciones de la ATA, los elementos CM no suelen tener una relación adversa entre la edad y la fiabilidad (es decir, no tienen una esperanza de vida predecible). Presentan un patrón de fallos aleatorio.*

*La aplicación más adecuada del proceso de monitorización del estado es a los sistemas complejos, como los componentes de aviación y electrónica, y a cualquier otro componente o sistema para el que no haya forma de predecir los fallos. Los componentes y sistemas típicos adecuados para la MC son los equipos de navegación y comunicaciones, las luces, los instrumentos y otros elementos en los que la prueba o el reemplazo no predicen la proximidad de un fallo ni dan lugar a una mejora de la esperanza de vida. En la aviación, la monitorización de la condición se aplica con frecuencia a componentes cuyo fallo no afecta gravemente a la seguridad o a la aeronavegabilidad, debido a la redundancia, y a elementos que no afectan en absoluto a la aeronavegabilidad, como cafeteras, lavabos, sistemas de entretenimiento para pasajeros, etc.*

*Los sistemas de monitorización de la condición consisten en procedimientos de recogida y análisis de datos que presentarán información sobre la cual se pueden hacer juicios relativos a la condición de seguridad del vehículo. Un programa de CM incluye aquellos tipos de programas de evaluación que utilizan las capacidades de divulgación del avión o de sus sistemas y componentes en la medida en que dicha información de divulgación puede ser utilizada para hacer juicios relativos a la condición de seguridad continua del avión, sus sistemas, motores y componentes. La evaluación basada en los informes de las tripulaciones de vuelo, los sistemas de datos de a bordo y los equipos para el chequeo en tierra del rendimiento del sistema pueden utilizarse para las acciones de CM. Los elementos básicos de un programa de CM pueden incluir datos sobre retiros no programados, entradas en el registro de mantenimiento, informes de los pilotos, inspecciones de muestreo, informes de confiabilidad mecánica, hallazgos del taller y otras fuentes de datos de mantenimiento. Estos y otros datos pueden indicar un área problemática y, por tanto, la necesidad de investigar el asunto (véase el capítulo 18).*

*El monitoreo de la condición, que es principalmente un programa de recolección y análisis de datos, también puede ser utilizado en los componentes HT y OC para verificar o ajustar los intervalos HT y OC. Por ejemplo, si un elemento de tiempo duro se retira justo antes de su fecha de caducidad y las actividades de revisión revelan que no es necesario hacer nada o muy poco para restaurar el componente, entonces tal vez se pueda ampliar el intervalo HT. Del mismo modo, si los chequeos de los chequeos de OC revelan que hay poca o ninguna necesidad de mantenimiento o que la vida útil del componente es más larga de lo previsto originalmente, el intervalo de chequeo de OC puede modificarse. Sin embargo, sin la recopilación de datos durante un período de tiempo (varios períodos de HT o intervalos de OC), no habría ninguna justificación sólida para cambiar los intervalos. Del mismo modo, la recopilación de datos del programa CM puede indicar que los intervalos HT u OC deben acortarse para algunos componentes. El programa de MC también proporciona datos para indicar si los componentes se están controlando con el proceso más adecuado.*

## **NOTA PARA LOS TÉCNICOS MINUCIOSOS**

*La monitorización de la condición no supervisa realmente la "condición" de un componente. Esencialmente, supervisa las estadísticas de fallo o eliminación de la unidad. El estado del componente se supervisa con el proceso "on-condition".*

## MANTENIMIENTO ORIENTADO A LAS TAREAS

*Los programas de mantenimiento orientados a tareas se crean para la aviación utilizando procedimientos de lógica de decisión desarrollados por la Asociación de Transporte Aéreo de América. El proceso denominado MSG-3 es una modificación y una mejora del enfoque MSG-2.*

*La técnica MSG-3 es un enfoque descendente de las consecuencias de los fallos, por el que el análisis de los mismos se realiza al más alto nivel de gestión de los sistemas de los aviones, en lugar de al nivel de los componentes como en el MSG-2. La lógica MSG-3 se utiliza para identificar las tareas de mantenimiento programado adecuadas para prevenir los fallos y mantener el nivel de fiabilidad inherente al sistema. Hay tres categorías de tareas desarrolladas por el enfoque MSG-3:*

1. Tareas del sistema del fuselaje
2. Tareas de elementos estructurales
3. Tareas zonales

## TAREAS DE MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DEL FUSELAJE

*En el marco del enfoque MSG-3, se han definido ocho tareas de mantenimiento para los sistemas de fuselaje. Estas tareas se asignan en función de los resultados del análisis de decisiones y de los requisitos específicos del sistema, componente, etc. que se está considerando. Estas ocho tareas se enumeran y definen a continuación:*

1. Lubricación. Un acto de reposición de aceite, grasa u otras sustancias que mantiene las capacidades inherentes al diseño reduciendo la fricción y/o conduciendo el calor.
2. Mantenimiento. Acto de atender las necesidades básicas de los componentes y/o sistemas con el fin de mantener las capacidades inherentes al diseño.
3. Inspección. Examen de un elemento y comparación con una norma específica.
4. Comprobación funcional. Comprobación cuantitativa para determinar si cada función de un artículo funciona dentro de los límites especificados. Este chequeo puede requerir el uso de equipos adicionales.
5. Comprobación operativa. Tarea para determinar si un elemento cumple su finalidad prevista. Se trata de una tarea de búsqueda de fallos y no requiere tolerancias cuantitativas ni ningún otro equipo que no sea el propio elemento.
6. Comprobación visual. Observación para determinar si un elemento cumple su finalidad prevista. Se trata de una tarea de búsqueda de fallos y no requiere tolerancias cuantitativas.
7. Restauración. El trabajo necesario para devolver el artículo a un estándar específico. La restauración puede variar desde la limpieza de la unidad o la sustitución de una sola pieza hasta un chequeo completo.
8. Descarte. La retirada del servicio de cualquier elemento en un límite de vida útil determinado.
- 9.

## TAREAS DE MANTENIMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

*Los aviones están sometidos a tres fuentes de deterioro estructural, tal y como se explica a continuación.*

1. Deterioro ambiental. El deterioro físico de la fuerza o la resistencia al fallo de un elemento como resultado de la interacción química con su clima o entorno. Los deterioros ambientales pueden depender del tiempo.
2. Daño accidental. El deterioro físico de un elemento causado por el contacto o el impacto con un objeto o una influencia que no es parte del avión, o el daño como resultado de un error humano que se produjo durante la fabricación, el funcionamiento del vehículo o la realización del mantenimiento.
3. Daños por fatiga. El inicio de una o varias grietas debido a una carga cíclica y la posterior propagación de dichas grietas.

*La inspección de las estructuras de los aviones para determinar si se ha producido un deterioro debido a lo anterior requiere diversos grados de detalle. El proceso MSG-3 define tres tipos de técnicas de inspección estructural, a saber*

1. Inspección visual general. Un examen visual que detectará condiciones o discrepancias obvias e insatisfactorias. Este tipo de inspección puede requerir la retirada de filetes o la apertura o retirada de puertas o paneles de acceso. Pueden ser necesarios soportes de trabajo y escaleras para facilitar el acceso a algunos componentes.
2. Inspección detallada. Inspección visual intensiva de un detalle, un conjunto o una instalación específicos. Se trata de una búsqueda de evidencias de irregularidades utilizando una iluminación adecuada y, cuando sea necesario, ayudas para la inspección, como espejos, lentes de mano, etc. También puede ser necesaria la limpieza

de la superficie y los procedimientos de acceso detallados.

3. *Inspección especial detallada*. Un examen intensivo de un lugar específico. Es similar a la inspección detallada, pero con la adición de técnicas especiales. Este examen puede requerir técnicas como las inspecciones no destructivas (NDI): colorante penetrante, aumento de alta potencia, partículas magnéticas, corrientes parásitas, etc. (La inspección detallada especial también puede requerir el desmontaje de algunas unidades).

## TAREAS DE MANTENIMIENTO ZONAL

El programa de mantenimiento zonal garantiza que todos los sistemas, el cableado, los controles mecánicos, los componentes y la instalación contenidos en la zona especificada de la aeronave reciban una vigilancia adecuada para determinar la seguridad de la instalación y el estado general. El proceso lógico es utilizado normalmente por el titular del certificado de tipo (TC) y del certificado de tipo suplementario (STC) para desarrollar su mantenimiento e inspección para el mantenimiento zonal utilizando la lógica MSG-3 para desarrollar una serie de inspecciones, y se asigna una referencia numérica a cada zona cuando se analiza. Debido al envejecimiento de las aeronaves, la FAA ha establecido criterios específicos de tolerancia a los daños basados en la inspección del programa de aeronavegabilidad continuada de un operador de aeronaves. El AC 120-93 prevé una inspección detallada de tolerancia a los daños (DTI) para las reparaciones y alteraciones que afectan a la estructura crítica a la fatiga de la aeronave. El proceso DTI incluye el área a inspeccionar, los métodos y técnicas de inspección y los procedimientos de inspección.

El programa agrupa un número de tareas de inspección visual general, generadas contra el elemento en el programa de mantenimiento del sistema, en una o más tareas de vigilancia zonal. Las técnicas de mantenimiento zonal y de nivel de inspección se realizan en dos tipos como en la siguiente lista.

1. Inspección visual general
2. Inspección visual detallada

### EL ACTUAL PROCESO MSG-MSG-3

El proceso MSG-2 fue modificado en 1980 en un documento publicado por la Air Transport Association of America. El documento afirma que "el MSG-3 no constituyó una desviación fundamental de la versión anterior, sino que se construyó sobre el marco existente del MSG-2, que había sido validado por 10 años de funcionamiento fiable de las aeronaves utilizando los programas de mantenimiento basados en él".

El programa MSG-3 ajustó la lógica de decisión para proporcionar una progresión más directa y lineal a través de la lógica. El proceso MSG-3 es un enfoque descendente o de consecuencia de fallo. En otras palabras, ¿cómo afecta el fallo a la operación? No importa si un sistema, subsistema o componente falla o se deteriora. Lo que importa es cómo afecta el fallo a la operación de la aeronave. Al fallo se le asigna una de las dos categorías básicas: seguridad y económica. La figura 2-2 es un diagrama simplificado del primer paso del proceso lógico del MSG-3.

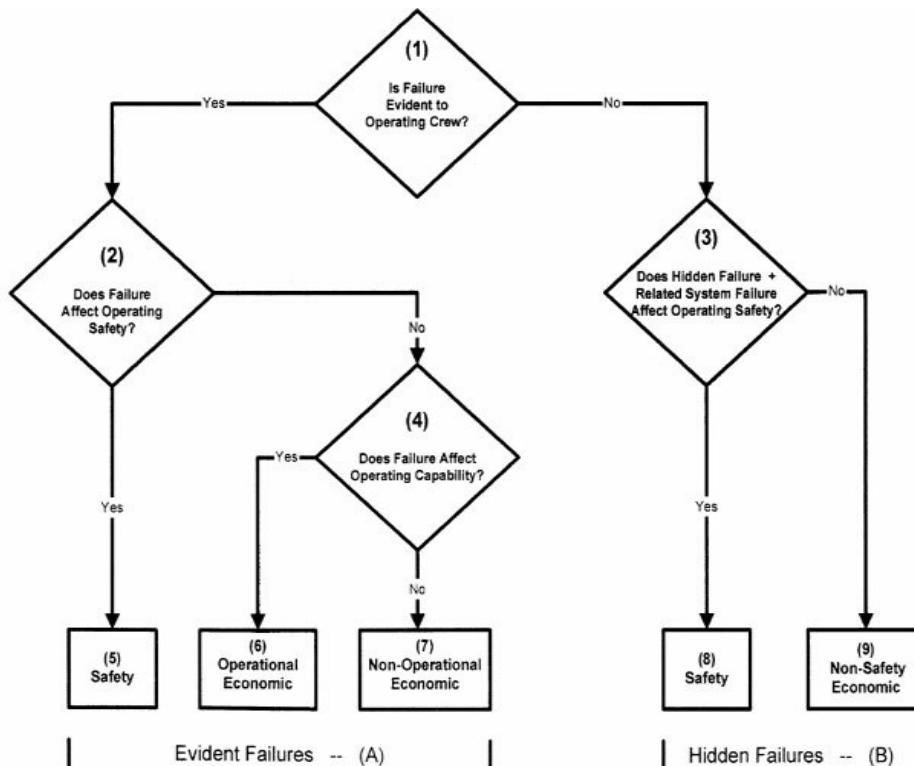


Figura 2-2 Categorías de análisis de nivel I del MSG-3.

Las tareas de mantenimiento resultantes del enfoque MSG-3 pueden incluir tareas de tiempo difícil, en condiciones y de supervisión del estado similares a las del MSG-2, pero no se denominan con esos términos. El enfoque MSG-3 es más flexible a la hora de desarrollar el programa de mantenimiento global. El diagrama de flujo de la Fig. 2-2 se utiliza para determinar si el fallo es evidente para la tripulación de vuelo o está oculto para ella (análisis de nivel I). Los fallos que son evidentes se separan a su vez en los relacionados con la seguridad y los relacionados con las operaciones, y estos últimos se dividen en los que tienen importancia económica y los que no la tienen. Estos tipos se numeran como 5, 6 y 7. La importancia de estas categorías se abordará más adelante. Los fallos que se determinan como ocultos a la tripulación se dividen en relacionados con la seguridad y no relacionados con la seguridad. Se designan como categorías 8 y 9.

Las figuras 2-3 y 2-4 (análisis de nivel II) se utilizan para determinar las tareas de mantenimiento necesarias para solucionar el fallo funcional. Aunque las preguntas son similares, hay una ligera diferencia en la forma de abordar los fallos evidentes y ocultos. Nótese que algunas de las líneas de flujo en las Figs. 2-3 y 2-4 se identifican como Categoría 5 o Categoría 8 solamente. Esto requiere alguna explicación.

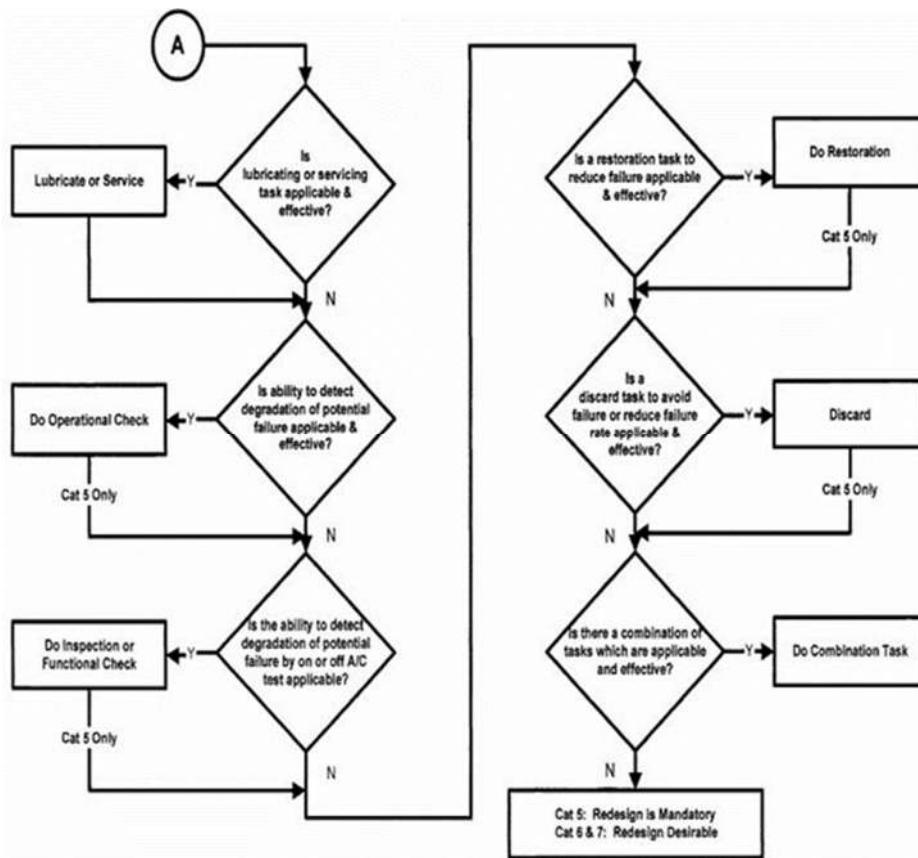


Figura 2-3 Análisis MSG-3 de nivel II - fallos evidentes.

La primera pregunta de cada cuadro, relativa a la lubricación o al mantenimiento, debe formularse para todos los fallos funcionales (categorías 5 a 9). Independientemente de la respuesta a esta pregunta (Sí o No), el analista debe hacer la siguiente pregunta. Para las categorías 6 y 7 de la Fig. 2-3 y la categoría 9 de la Fig. 2-4, las preguntas se formulan en secuencia hasta que se obtiene una respuesta afirmativa. En ese momento el análisis se detiene. Para las categorías 5 y 8 (relacionadas con la seguridad), sin embargo, todas las preguntas deben ser contestadas independientemente de la respuesta Sí o No a cualquiera de ellas.

El último bloque de las Figs. 2-3 y 2-4 también requiere alguna explicación. Estos diagramas de flujo se utilizan para el desarrollo de un programa de mantenimiento para una nueva aeronave o derivado. Si la progresión a través del gráfico termina en este bloque para las categorías 6, 7 y 9, entonces los ingenieros de diseño pueden considerar un rediseño en el equipo involucrado. Sin embargo, si el elemento está relacionado con la seguridad -categorías 5 u 8- entonces es obligatorio un rediseño. Una vez desarrollado el programa de mantenimiento inicial, los mecánicos de la aerolínea utilizarán ese programa. Los mecánicos no tienen la opción de rediseñar a menos que así lo indique el programa de fiabilidad, tal y como se explica en el capítulo 18.

El proceso del MSG-3 puede entenderse mejor mediante una explicación paso a paso de lo que harían los grupos de trabajo para un análisis determinado. Cada grupo de trabajo recibirá información sobre los sistemas y componentes de sus respectivos grupos: (a) la teoría del funcionamiento;

(b) una descripción del funcionamiento de cada modo (si hay más de un modo); (c) los modos de fallo de cada modo de funcionamiento; y (d) cualquier dato disponible (real o estimado) sobre las tasas de fallo, las tasas de eliminación, etc. (como el tiempo medio entre fallos (MTBF) y el tiempo medio entre retiradas no programadas (MTBUR) para los repuestos reparables; y el tiempo medio hasta la retirada (MTTR) para los repuestos no reparables).

Si el sistema es el mismo, o similar, al utilizado en un modelo de avión existente, los miembros del grupo pueden necesitar sólo una formación de actualización sobre el funcionamiento y los modos de fallo. Si el equipo es nuevo, o ha sido ampliamente modificado para el nuevo modelo de avión, el proceso de aprendizaje puede llevar un poco más de tiempo. El fabricante del fuselaje es responsable de proporcionar esta formación a los grupos de trabajo. El fabricante también es responsable de proporcionar a los grupos de trabajo cualquier dato disponible sobre el rendimiento y la tasa de fallos.

Una vez que el grupo asimila esta información, comienza a recorrer los diagramas lógicos, respondiendo a las preguntas adecuadamente y determinar el enfoque de mantenimiento que mejor se adapte al problema. Se aborda cada fallo en cada modo operativo. El grupo de trabajo determina primero si el fallo está oculto para la tripulación o es evidente (bloque 1 de la Fig. 2-2). A continuación, determinan si el problema está o no relacionado con la seguridad y, en el caso de los fallos evidentes, si tiene o no impacto operativo. A continuación, determinan qué tareas de mantenimiento deben aplicarse utilizando las Figs. 2-3 y 2-4 (análisis de nivel II). Por último, el grupo determina en qué intervalo de mantenimiento debe realizarse esa tarea. En este último ejercicio se utilizan los datos de la tasa de fallos, así como la experiencia de los miembros del grupo de trabajo.

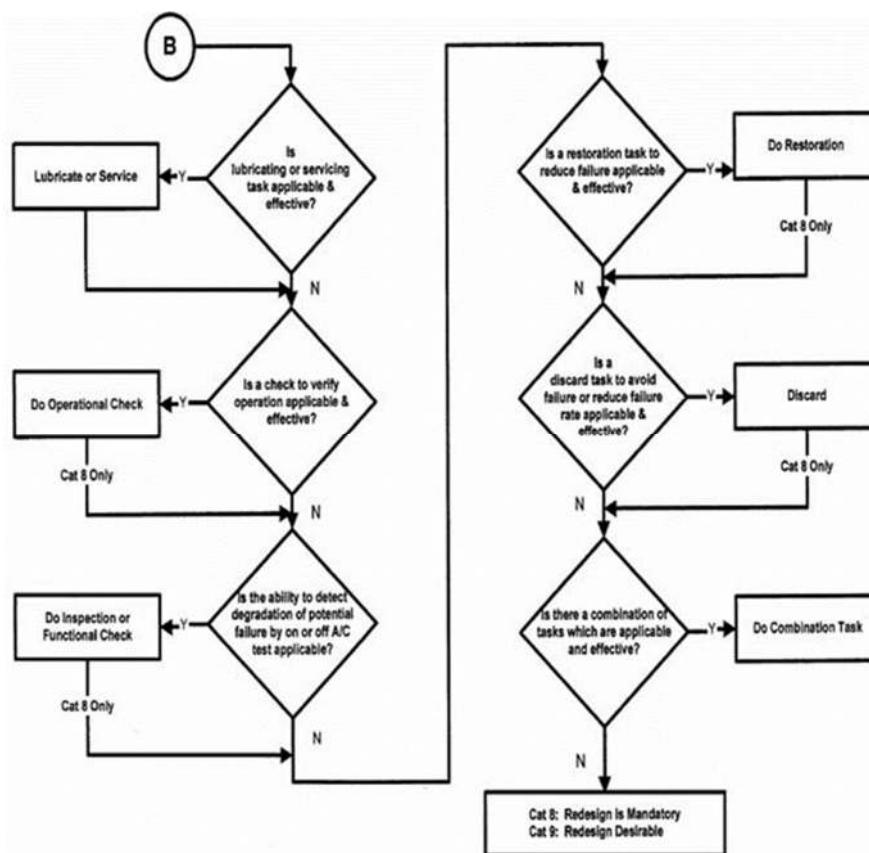


Figura 2-4 Análisis del nivel II del MSG-3: fallos ocultos

iSpec 2200

En el año 2000, el Comité de Información Técnica y Comunicación (TICC) de la ATA incorporó la ATA iSpec 100 y la ATA iSpec 2100 en la iSpec 22005: Normas de información para el mantenimiento de la aviación. Actualmente se utiliza en el sector aeroespacial por su contenido, estructura, documentación técnica e intercambio electrónico de información sobre ingeniería, mantenimiento y operaciones de vuelo de las aeronaves. Se utiliza en la especificación de los requisitos de mantenimiento, los procedimientos, el control de la configuración de las aeronaves y las operaciones de vuelo. Como siempre, el objetivo es mantener los costes al mínimo entre operadores y fabricantes y mejorar la calidad de la información, lo que puede facilitar a los fabricantes la entrega de datos para las necesidades operativas.

# LOS DOCUMENTOS DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

El resultado del análisis MSG-3 constituye el programa de mantenimiento original para el nuevo modelo de aeronave y el programa que va a utilizar un nuevo operador de ese modelo. Las tareas seleccionadas en el proceso MSG son publicadas por el fabricante del fuselaje en un documento aprobado por la FAA denominado Informe del Consejo de Revisión de Mantenimiento (MRBR). Este informe contiene el programa inicial de mantenimiento programado para los operadores certificados en los Estados Unidos. Estos operadores lo utilizan para establecer su propio programa de mantenimiento aprobado por la FAA, tal y como se identifica en sus especificaciones de operaciones (véase el capítulo 4).

El MRBR incluye el programa de mantenimiento de sistemas y de la planta de energía, el programa de inspección estructural y el programa de inspección zonal. También contiene diagramas de zonas de aeronaves, un glosario y una lista de abreviaturas y acrónimos.

Además del MRBR, el fabricante publica su propio documento para la planificación del mantenimiento. En Boeing, este documento se denomina documento de datos de planificación del mantenimiento (MPD). McDonnell-Douglas lo denomina documento de planificación del mantenimiento de la aeronave (OAMP). En Airbus Industries, se denomina documento de planificación del mantenimiento (MPD). Utilizaremos el acrónimo MPD/OAMP para referirnos a todos estos documentos. Estos documentos contienen toda la información de las tareas de mantenimiento del MRBR más las tareas adicionales sugeridas por el fabricante de la célula. El MPD/OAMP también clasifica las tareas de varias maneras para ayudar a la planificación. Este documento suele agrupar por letra de verificación y por horas, ciclos y tiempo de calendario.

Estos documentos del fabricante también contienen diagramas que muestran la ubicación y la numeración de las puertas y paneles de acceso, las dimensiones de la aeronave y otra información para ayudar al desarrollo de los programas de mantenimiento y a la planificación de los chequeos de mantenimiento. Esta última incluye los requisitos de horas-hombre para cada tarea. Estas son sólo estimaciones del tiempo necesario para realizar el trabajo real prescrito. No incluyen el tiempo necesario para abrir y cerrar las puertas o los paneles, colocar los puestos de trabajo, analizar o solucionar los problemas o corregir las discrepancias encontradas durante la realización de la tarea. Estos tiempos estimados deben ser modificados por el operario para adaptarse a los requisitos reales de la tarea al planificar cualquier actividad de chequeo.

## INTERVALOS DE MANTENIMIENTO DEFINIDOS

El intervalo de los trabajos de mantenimiento depende del fabricante de la aeronave con la colaboración del operador de la aerolínea. Varias revisiones de mantenimiento de mantenimiento han sido nombrados y definidos en el proceso MSG-3 y deben ser considerados como estándar. Sin embargo, muchas aerolíneas han definido sus propios intervalos nombrados, pero siempre que se mantenga la integridad de la tarea requerida de mantenimiento original o una desviación aprobada por la FAA. Las revisiones de mantenimiento de las aeronaves se rigen normalmente por el tiempo total de vuelo (TAT), el número de horas que una aeronave ha volado, y el total de ciclos de aterrizaje (CYC), que se traduce en que cada vez que una aeronave aterriza genera un ciclo. Bajo la supervisión de la FAA, las aerolíneas y los operadores de aeronaves deben preparar un programa de mantenimiento de aeronavegabilidad continuo (CAMP) bajo su especificación de operaciones. El programa CAMP describe las inspecciones rutinarias y detalladas. Las aerolíneas y los operadores de aeronaves y las autoridades de aeronavegabilidad suelen denominar este tipo de inspecciones como comprobaciones. Estas comprobaciones se conocen como comprobaciones A, B, C, D (detalladas en el Cap. 9).

A continuación, se presentan los ejemplos de intervalos estándar:

## CHEQUEOS DIARIOS

Los chequeos diarios consisten en el chequeo del nivel de aceite. El nivel de aceite del motor de la aeronave debe comprobarse entre 15 y 30 minutos después de la parada del motor para obtener una lectura precisa. Esto significa que el nivel de aceite no puede comprobarse y reponerse antes del primer vuelo del día. Sólo puede hacerse poco después del aterrizaje. (Si se debe comprobar el nivel de aceite antes de la primera salida, el motor debe estar en funcionamiento durante 2 minutos o más para calentar el aceite. Quince minutos después de apagar, se puede comprobar el nivel de aceite. Este no es un procedimiento normal, pero es necesario en algunos casos).

Los chequeos diarios también incluyen cualquier elemento de mantenimiento diferido en el tiempo, como que el motor de la aeronave esté en guardia de aceite. Las aeronaves de tipo ETOPS también reciben un chequeo de servicio antes de la salida, que también forma parte de los chequeos diarios.

## CHEQUEOS DE 48 HORAS

La revisión de 48 horas, para la mayoría de los modelos de aviones, sustituye a lo que antes se llamaba revisión diaria. La revisión de 48 horas se realiza cada 48 horas en función de las especificaciones de las operaciones de la aerolínea. Este chequeo puede incluir tareas más detalladas que los chequeos diarios; por ejemplo, elementos como la inspección de las ruedas y los frenos, la reposición de fluidos como el aceite del motor y el hidráulico, la reposición e inspección del aceite de la unidad de potencia auxiliar, la inspección visual general del fuselaje, las alas, el interior y la cabina de vuelo.

## CHEQUEOS DEL LÍMITE HORARIO

Ciertas comprobaciones determinadas por el análisis MSG tienen asignadas tareas de mantenimiento por el número de horas que la unidad o el sistema ha estado operando: 100, 200, 250 horas, etc. Este enfoque se utiliza para los motores, los controles de vuelo de los aviones y muchos otros sistemas que funcionan de forma continua durante el vuelo o en tierra.

## COMPROBACIÓN DE LOS LÍMITES DEL CICLO DE FUNCIONAMIENTO

Otros sistemas del avión se mantienen según un programa determinado por el número de ciclos de funcionamiento que han soportado. Por ejemplo, el tren de aterrizaje sólo se utiliza durante los despegues y aterrizajes, y el número de esas operaciones variará según el programa de vuelo. Las estructuras del fuselaje, los componentes de la planta motriz/motor, como los impulsores LP y HP y los álabes de la turbina HP y algunos otros componentes también están sujetos a tensiones cíclicas y tendrán numerosas tareas en esta categoría.

## COMPROBACIONES DE CIFRAS

Hasta el desarrollo del Boeing 777, todas las aeronaves que utilizaban los procesos MSG-3 para el desarrollo del programa de mantenimiento tenían varias comprobaciones de cifras identificadas en el programa de mantenimiento. Estas comprobaciones se identificaban como comprobaciones A, B, C y D. El Boeing 777, que utiliza un proceso MSG-3 modificado (denominado MSG-3, Revisión 2), eliminó los chequeos con cifras, todas las tareas que no figuraban en el chequeo de tránsito se identificaban únicamente por horas o ciclos, y estas tareas no se agrupaban en comprobaciones con cifras como se hacía en los modelos de aviones anteriores. Esto produjo un programa de mantenimiento óptimo, ya que permitió que el mantenimiento se realizara en el momento más adecuado para el equipo o sistema. Para el operador, hace que el programa sea más adaptable a sus necesidades. Sin embargo, algunos operadores siguen programando este mantenimiento en bloques a intervalos de tiempo o ciclos específicos.

## CAMBIO DE LOS INTERVALOS DE MANTENIMIENTO BÁSICO

Las condiciones operativas a menudo requerirán que un operador cambie el programa de mantenimiento básico para abordar mejor las necesidades de la organización y para acomodar el quinto objetivo de un programa de mantenimiento (véase el capítulo 3). Por ejemplo, la operación en climas cálidos y húmedos puede requerir que las tareas de control de la corrosión se realicen más a menudo de lo que indica el informe MRB, mientras que la operación de los mismos vehículos en un clima seco y desértico puede reducir la frecuencia necesaria para estas tareas. En esta última situación, sin embargo, los elementos sensibles a la arena y al polvo necesitarán una mayor atención en el programa de mantenimiento.

Se espera que un operador cambie los intervalos de mantenimiento originales para ciertas tareas o para revisiones de cartas completas cuando la experiencia en servicio lo dicte. Sin embargo, para hacerlo, el operador debe tener pruebas de que el cambio está justificado. La prueba aceptada para estos cambios en los intervalos de mantenimiento es en forma de datos recogidos a través del programa de monitorización del estado del operador o del programa de fiabilidad. Los detalles sobre esto se tratarán más adelante en el capítulo 18. A medida que la aeronave envejece, los intervalos de tareas para ciertos elementos pueden tener que ser acortados mientras que otros pueden ser alargados. El mantenimiento es un proceso dinámico.

## CAPÍTULO 3

### DEFINICIONES, METAS Y OBJETIVOS

## **DEFINICIONES DE TÉRMINOS IMPORTANTES**

A lo largo de toda la historia de la ciencia y la ingeniería, los autores han tenido la costumbre de definir específicamente, al principio de sus cursos, las palabras que utilizan. Este curso no será diferente: es decir, una palabra significa lo que decimos que significa -ni más ni menos- y así se definirá.

En esta sección se analizan algunos términos básicos utilizados en el mantenimiento y la ingeniería de la aviación. Algunas de las definiciones convencionales se modificarán o sustituirán en este curso para definir mejor su significado y propósito. Hay algunos pares de palabras utilizados en la aviación que son, en el uso convencional, sinónimos, pero en el mundo de la ciencia y la ingeniería -y especialmente en la aviación- adquieren sutiles diferencias. Estos pares de palabras se definen y discutidos, también, para asegurar que el lector sea consciente del significado preciso cuando los términos se usen en adelante. Comenzaremos con la definición más importante: la definición de mantenimiento.

### **MANTENIMIENTO**

Hemos hablado del mantenimiento y de cómo ha evolucionado el enfoque del mantenimiento a lo largo de los años; pero ¿a qué nos referimos cuando utilizamos el término mantenimiento? En la introducción de este curso, hemos citado una definición muy elegante de mantenimiento de Lindley R. Higgins, que define el mantenimiento como arte, ciencia y filosofía. En este curso, sin embargo, abordaremos el tema en términos menos poéticos y más prácticos.

Otros numerosos autores han definido el término mantenimiento, pero sus definiciones son algo insatisfactorias. La mayoría de ellas no son incorrectas, pero a menudo son inadecuadas para describir todo el alcance y la intención del esfuerzo de mantenimiento. A continuación, examinaremos algunas de ellas y discutiremos las diferencias. A continuación, ofreceremos al lector nuestra propia definición de mantenimiento que, como verá, encaja con otras definiciones y conceptos tratados en el curso.

### **DEFINICIÓN TÍPICA DE MANTENIMIENTO DE UNA COMPAÑÍA AÉREA**

Esta definición se ha tomado del curso del manual de políticas y procedimientos técnicos (TPPM) de una aerolínea "típica". El mantenimiento se define como "las acciones necesarias para restablecer o mantener un elemento en condiciones de servicio, incluidas la revisión, la reparación, la modificación, la revisión, la inspección y la determinación del estado".

Esto no es incorrecto. Sin embargo, se limita a describir lo que hace el personal de mantenimiento; no es descriptiva de la intención o el resultado de la actividad de mantenimiento.

### **LA DEFINICIÓN DE MANTENIMIENTO DE MOUBRAY**

A mediados de la década de 1970, se desarrolló un proceso para que los militares estadounidenses desarrollaran el programa de mantenimiento inicial de sus equipos, similar al proceso MSG utilizado para las aeronaves civiles. El proceso se denominó mantenimiento centrado en la fiabilidad o RCM.<sup>3</sup> El proceso RCM es principalmente para el mantenimiento programado y da una definición de mantenimiento preventivo únicamente: "... el programa de tareas de mantenimiento programado necesario para garantizar un funcionamiento seguro y fiable del equipo".<sup>4</sup>

John Moubray, consultor industrial del Reino Unido, tomó la filosofía del RCM y la aplicó al mantenimiento de máquinas y equipos en una planta de fabricación típica. En su curso sobre el tema presentó la siguiente definición de mantenimiento.<sup>5</sup> El mantenimiento es "... garantizar que los activos físicos sigan haciendo lo que sus usuarios quieren que hagan".

Aunque se puede leer fácilmente en esta definición lo que se pretendía, está muy abierta a la interpretación. Sucede que, en algunos casos raros, los usuarios quieren que una herramienta, una máquina o un sistema haga algo distinto de lo que fue diseñado. Utilizar una botella de vidrio como martillo es un buen ejemplo. Todo el mantenimiento del mundo no puede asegurar que la botella sea un martillo adecuado. Esta definición parece un poco ambigua para nuestros fines.

### **DEFINICIÓN DE MANTENIMIENTO DE LA FAA**

En el Reglamento Federal de Aviación, FAR parte 1, el mantenimiento se define como "... la inspección, revisión, reparación, conservación y sustitución de repuestos". De nuevo, esto describe lo que hace el personal de mantenimiento, pero no es una descripción definitiva de lo que se pretende conseguir con el mantenimiento.

## LA DEFINICIÓN DE MANTENIMIENTO DE HESSBURG

Jack Hessburg, antiguo jefe de mecánicos del Boeing 777, ha dado una definición de mantenimiento que ofrece una visión más amplia de este campo. "El mantenimiento es la acción necesaria para mantener o restaurar la integridad y el rendimiento del avión".<sup>7</sup> Continúa diciendo que el mantenimiento "incluye la inspección, la revisión, la reparación, la conservación y los esfuerzos de sustitución". Esta definición es más precisa.

## LA DEFINICIÓN DE MANTENIMIENTO DE KINNISON

El autor de este curso considera que las definiciones anteriores -aunque bien intencionadas y, en la mayoría de los casos, adecuadas en términos generales- no son totalmente descriptivas de lo que es el proceso de mantenimiento. En este curso se utilizará la definición que figura en el recuadro siguiente.

*El mantenimiento es el proceso de garantizar que un sistema realice continuamente su función prevista con el nivel de fiabilidad y seguridad diseñado.*

*Esta definición implica la revisión, el ajuste, la sustitución, la restauración, la revisión y todo lo necesario para garantizar el funcionamiento correcto y continuo del sistema o equipo, pero hace hincapié en la noción de que el equipo fue diseñado para un propósito específico (o propósitos en el caso de los sistemas multifuncionales) con un nivel inherente o diseñado de fiabilidad y seguridad. Sin embargo, no todos los sistemas y componentes requerirán la misma atención para llevar a cabo el mantenimiento necesario. Por ejemplo, algunos elementos necesitan un chequeo y un ajuste continuo; otros necesitan que se sustituya o reponga el aceite, la lubricación u otros fluidos; y otros pueden requerir un chequeo y la sustitución de repuestos para lograr este objetivo final.*

*No podemos hacer que un sistema sea mejor que sus capacidades diseñadas, por mucho mantenimiento que realicemos. Sólo podemos restablecer su nivel de diseño después de que se haya producido el deterioro. Esta definición, por lo tanto, es más descriptiva del propósito del mantenimiento y de lo que el mantenimiento debe lograr para el operador.*

## FIABILIDAD INHERENTE

La fiabilidad inherente es un término que se utiliza con frecuencia en la aviación y que ya se ha tratado en este curso (capítulos 1 y 2). Este término puede requerir algunas aclaraciones. Nowlan y Heap afirman que "la fiabilidad inherente de un elemento no es el tiempo que sobrevivirá sin fallos; más bien, es el nivel de fiabilidad que mostrará el elemento cuando esté protegido por el mantenimiento preventivo y el servicio y la lubricación adecuados".<sup>8</sup> Los autores continúan diciendo que el grado de fiabilidad alcanzado depende de las características de diseño del equipo y del proceso utilizado para determinar los requisitos de mantenimiento (es decir, el proceso MSG). En otras palabras, la fiabilidad inherente a un sistema o componente es tanto una función del diseño como una función del programa de mantenimiento establecido para él. Ambas están interrelacionadas.

## MECÁNICOS, TÉCNICOS, MANTENEDORES, INGENIEROS

La terminología utilizada por las compañías aéreas del mundo para identificar al personal de mantenimiento varía. Los términos mecánico, técnico y mantenedor suelen utilizarse para identificar a quienes realizan las tareas de mantenimiento programado y no programado de las aeronaves de la unidad. En algunas organizaciones, sin embargo, estas mismas personas se denominan ingenieros, mientras que, en otras, el término ingeniero se reserva para el personal que tiene títulos universitarios en uno de los campos de la ingeniería. Estas personas suelen realizar tareas muy diferentes a las del personal de mantenimiento de línea, hangar y taller.

En este curso, para estandarizar la discusión, definiremos a los que trabajan en las tareas de mantenimiento programado y no programado de las aeronaves (línea, hangar o taller) como mecánicos, técnicos o mantenedores, mientras que los que trabajan en la organización de servicios técnicos, como se especifica en el capítulo 7, se llamarán ingenieros.

## PARES DE PALABRAS UTILIZADOS EN LA AVIACIÓN

Hay una serie de pares de palabras que utilizamos en la aviación a los que se les asigna un significado muy específico. Estos significados son más precisos que los que recoge el diccionario. He aquí algunos de ellos.

## **VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN**

Estas palabras se utilizan en la aviación, así como en la industria ferroviaria, en relación con la determinación de la adecuación de los procesos y procedimientos de mantenimiento. Aunque algunos diccionarios definen una de estas palabras con la otra, en el mundo de la ingeniería y la tecnología se dan varias definiciones en función de la aplicación. En la aviación, se acepta generalmente que las dos palabras tienen significados claramente diferentes. Muchos procedimientos se escriben para probar o medir el estado, la precisión o la disponibilidad de equipos y sistemas. Las palabras verificación y validación describen diferentes enfoques o conceptos utilizados para asegurar que el mantenimiento se ha abordado adecuadamente en dichos procedimientos.

La verificación significa que se ha escrito una prueba o un procedimiento y que, al ser leído y comprendido por una persona con conocimientos, es correcto, adecuado y aceptable para el propósito para el que fue concebido.

La validación, por otro lado, significa que la prueba o el procedimiento escrito ha sido realizado por una persona de mantenimiento debidamente capacitada, y que el procedimiento, tal como está escrito, es comprensible, adecuado y, lo que es más importante, se ha demostrado que cumple el propósito previsto.

En otras palabras, la verificación significa que el procedimiento existe y es aceptable sobre la base del conocimiento y la comprensión del equipo relacionado y de la lectura del propio procedimiento. La validación significa que el procedimiento se ha ejecutado realmente tal como está escrito y es adecuado y aceptable.

## **OPERATIVO Y FUNCIONAL**

Aunque estas palabras se utilizan a menudo indistintamente en la vida cotidiana, en la aviación son claramente diferentes. Los términos se utilizan junto con el proceso de chequeo de equipos, sistemas o componentes; la diferencia está en la complejidad del chequeo.

Comprobación operativa significa hacer funcionar el equipo, sistema o componente de la forma habitual (todos los modos y funciones) y determinar si es utilizable o no para el fin previsto. No se necesitan equipos o herramientas de prueba especiales y no se realizan mediciones. Un chequeo operativo se define como "una tarea para determinar si un elemento está cumpliendo su propósito previsto. Se trata de una tarea de búsqueda de fallos y no requiere tolerancias cuantitativas".

Un chequeo funcional significa que el equipo, el sistema o el componente se ha comprobado utilizando el equipo y las herramientas necesarias para medir determinados parámetros para comprobar su exactitud (es decir, tensiones, frecuencias y medidas físicas, como el tamaño del hueco, la longitud, el peso, etc.). La definición oficial de un chequeo funcional es "un chequeo cuantitativo para determinar si cada función de un elemento funciona dentro de los límites especificados". El término límites implica aquí un chequeo medición con respecto a alguna norma.

Como ejemplo de las diferencias entre estos dos tipos de pruebas, consideremos el chequeo de una radio. Si se enciende la radio, se sintoniza una emisora (de oído) y se comprueba la claridad de la recepción y la idoneidad del control del volumen, se ha realizado un chequeo del funcionamiento. Si utiliza un equipo adicional para comprobar la precisión del dial de frecuencia y la magnitud del volumen, la intensidad de la señal de entrada, etc., habrá realizado un chequeo funcional. El chequeo operativo sólo utiliza el equipo en sí; el chequeo funcional utiliza equipos o herramientas adicionales para una medición más precisa de los distintos parámetros de la unidad.

## **FALLO FUNCIONAL Y POTENCIAL**

La función del programa de mantenimiento es reducir los fallos. Un fallo es cualquier situación insatisfactoria que puede ser inaceptable ahora o en el futuro.

El fallo funcional es la incapacidad de un elemento para cumplir una norma de rendimiento específica. Ya no es satisfactorio. Puede haberse roto o simplemente haber perdido la capacidad de cumplir la norma. Debe corregirse.

Un fallo potencial es una condición detectable que muestra que un fallo funcional es inminente o podría producirse muy pronto. Hay que realizar el mantenimiento si se quiere evitar el fallo funcional. Cuando se detecta un fallo potencial, se alerta al mantenimiento para que realice acciones que reduzcan la probabilidad de un fallo funcional.

Tanto el fallo funcional como el potencial pueden clasificarse en función de su detección. La cuestión principal es si el personal de explotación puede detectar que se ha producido un problema o que está a punto de producirse. Esto será muy importante para la lógica de decisión utilizada para desarrollar el programa de mantenimiento.

## *Metas y objetivos*

Parece que existe una gran confusión en la profesión de la ingeniería, y quizás también en otros campos, sobre las similitudes y diferencias entre metas y objetivos. Algunos diccionarios modernos, como han hecho con tantos pares de palabras similares, definen una palabra con la otra haciendo que ambas sean casi sinónimas. Pero estas dos palabras - metas y objetivos - siempre han tenido significados específicos para este autor y para muchas otras personas del ámbito técnico. Nos hemos tomado la libertad de escribir nuestras propias definiciones para estos términos con el fin de establecer una clara comprensión y aplicación de las dos palabras para su uso a lo largo de este curso.

- ❖ Una meta es un punto en el tiempo o en el espacio en el que se quiere estar; un nivel de logro que se quiere alcanzar.
- ❖ Un objetivo es la acción o actividad que empleas para ayudarte a alcanzar una meta específica.

*En otras palabras, una meta es el lugar en el que quieras estar; un objetivo es el modo en que planeas llegar allí.*

*Ejemplo: Supongamos que una persona que vive en Seattle, Washington, quiere estar en Dallas, Texas, para pasar las Navidades con sus familiares. En primer lugar, hay que determinar el modo de viaje (coche privado, autobús, tren o avión) y, a continuación, según el modo elegido, hay que determinar las fechas deseadas de salida y regreso. Por supuesto, hay que tomar numerosas decisiones, y cada posible elección tendrá sus propios pros y contras. Todo ello debe ser resuelto con antelación. En este sencillo ejemplo, el objetivo es estar en Dallas por Navidad. El objetivo es realizar el viaje y eso implica las actividades de planificación y toma de decisiones, que variarán según el modo de viaje elegido.*

## **METAS Y OBJETIVOS DE MANTENIMIENTO**

*En el capítulo 1 ya hemos establecido que no podemos hacer sistemas perfectos y que los sistemas que tenemos fallarán en distintos momentos y por diversas razones. También hemos establecido, en el capítulo 1, varias acciones de gestión para minimizar los efectos de las interrupciones del servicio causadas por estos fallos (LRUs, redundancia, requisitos mínimos de envío). Asimismo, el fabricante ha establecido un programa de mantenimiento (véase el capítulo 2) que incluye numerosas tareas a intervalos programados, así como referencias a otras tareas y procedimientos del manual de mantenimiento para hacer frente a los fallos no programados. Sin embargo, estos procedimientos no son suficientes. Para establecer un programa eficaz de mantenimiento de la aerolínea que aplique efectivamente estas tareas, logre los estándares de fiabilidad y seguridad que deseamos y siga manteniendo un programa de vuelos adecuado para seguir en el negocio, debemos tener algunas directrices adicionales. En concreto, debemos establecer algunas metas y objetivos para un programa de mantenimiento de aerolíneas.*

### **OBJETIVOS DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO**

*El objetivo de cualquier empresa de transporte es trasladar personas y/o mercancías de un lugar a otro, normalmente con ánimo de lucro. Esto significa, para algunas personas, que la parte operativa de la unidad es más importante que la parte de mantenimiento. Como se verá más adelante, ambas están en realidad a la par en lo que respecta a la gestión y la administración. Pero, el hecho es que la organización de mantenimiento está en el negocio para apoyar el funcionamiento de la unidad. El mantenimiento debe garantizar que el departamento de vuelo tenga vehículos disponibles para llevar a cabo el programa de vuelos, y este programa debe cumplirse con todo el mantenimiento necesario. Por lo tanto, los objetivos de un programa de mantenimiento de una aerolínea pueden enunciarse como sigue*

1. Entregar los vehículos en condiciones de volar al departamento de vuelo a tiempo para cumplir con el programa de vuelos
2. Entregar estos vehículos con todas las acciones de mantenimiento necesarias completadas o debidamente aplazadas.

*La FAA exige que el mantenimiento se realice a intervalos especificados y según normas aceptadas. La FAA también exige que este trabajo se realice a la hora prevista o antes. Si hay circunstancias que impiden que el trabajo se realice (falta de repuestos o de personal de mantenimiento cualificado, limitaciones de tiempo, etc.) la FAA permite que dicho mantenimiento se aplace a un momento más oportuno. Los aplazamientos de ciertos elementos pueden ser de acuerdo con la MEL; otros pueden ser aplazados a través del programa de aumento de tiempo a corto plazo identificado en el programa de mantenimiento aprobado por la FAA. Las normas aceptadas incluyen las normas de seguridad y fiabilidad del fabricante, del regulador y del operador. Los límites de tiempo se refieren al número máximo de horas o ciclos de funcionamiento y a cualquier límite de calendario (días, meses, etc.) prescrito por el programa de mantenimiento aprobado. La reparación debe completarse dentro del tiempo de aplazamiento especificado, y éste no puede ampliarse.*

## **OBJETIVOS DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO**

Para alcanzar los objetivos declarados de un programa de mantenimiento, es necesario identificar los objetivos que vamos a emplear. La Asociación de Transporte Aéreo de América (ATA) ha identificado cuatro objetivos de un programa de mantenimiento.

a FAA, los fabricantes de aviones y las compañías aéreas repiten estos objetivos en su propia literatura. Estos objetivos se desarrollaron junto con el establecimiento del programa de mantenimiento inicial cuando se desarrollaba un nuevo modelo de avión (es decir, el proceso MSG-3 del capítulo 2). Estos objetivos no son suficientes para un buen y eficaz programa de mantenimiento a nivel del operador una vez que el equipo entra en servicio. Para esta actividad en servicio, se establecen cinco objetivos de un programa de mantenimiento que se abordan en este curso de curso. La lista siguiente contiene los objetivos de la ATA del manual de desarrollo del mantenimiento MSG-3 con la adición de un objetivo muy importante: el objetivo número 3 de esta nueva lista. Los objetivos de un programa de mantenimiento en servicio de una aerolínea son los siguientes

1. Asegurar la realización de los niveles de seguridad y fiabilidad inherentes al equipo
2. Restaurar la seguridad y la fiabilidad a sus niveles inherentes cuando se ha producido un deterioro
3. Obtener la información necesaria para el ajuste y la optimización del programa de mantenimiento cuando no se cumplan estos niveles inherentes
4. Obtener la información necesaria para la mejora del diseño de aquellos elementos cuya fiabilidad inherente resulte inadecuada
5. Cumplir estos objetivos con un coste total mínimo, incluyendo los costes de mantenimiento y el coste de los fallos residuales

El manual MSG-3 de la ATA establece lo siguiente:

Estos objetivos reconocen que los programas de mantenimiento, como tales, no pueden corregir las deficiencias en los niveles inherentes de seguridad y fiabilidad de los equipos. El programa de mantenimiento sólo puede prevenir el deterioro de dichos niveles inherentes. Si los niveles inherentes resultan insatisfactorios, es necesario modificar el diseño para obtener una mejora.

Tenemos que modificar esta afirmación para dar cabida al tercer objetivo que hemos añadido. El programa de mantenimiento desarrollado por el fabricante es sólo una directriz general destinada a los nuevos operadores de equipos nuevos. En servicio, este programa puede tener que ser ajustado para adaptarse a las operaciones específicas de la aerolínea. La experiencia puede mostrar a un operador que los intervalos de mantenimiento establecidos por el fabricante pueden no ser los mejores para el entorno operativo de esa aerolínea. Los resultados del mantenimiento también pueden ser inferiores a los esperados debido a repuestos defectuosas, procedimientos inadecuados o incluso la falta de formación adecuada de los mecánicos. Todo ello podría afectar a la fiabilidad y seguridad general del equipo, y debería ser abordado por la aerolínea antes de llamar al fabricante y solicitar o exigir un rediseño de ese equipo, como implica el objetivo 4. Esta es la razón del objetivo añadido.

En contra de la creencia popular, no se puede culpar a los fabricantes de todos los problemas que se produzcan con el equipo una vez que esté en el campo. Por lo tanto, la compañía aérea debe examinar primero su propio funcionamiento. No obstante, hay que tener en cuenta que cualquier problema grave en cualquiera de las áreas relacionadas con la capacidad de la aerolínea para cumplir sus objetivos podría afectar a la certificación de la FAA del operador. Por lo tanto, estas condiciones deben ser siempre supervisadas de cerca y corregidas si se encuentran deficiencias.

## **CONTENIDO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO**

El manual MSG-3 de la ATA analiza lo que debe ser un programa de mantenimiento como se indica a continuación. El programa de mantenimiento consta de dos grupos de tareas: un grupo de tareas programadas que deben realizarse a intervalos especificados y un grupo de tareas no programadas que resultan de (a) la realización de las tareas programadas, (b) de los informes de mal funcionamiento y (c) del análisis de datos.

Un programa [de mantenimiento] eficaz es el que programa sólo las tareas necesarias para cumplir los objetivos establecidos. No se programan tareas adicionales que aumenten los costes de mantenimiento sin un aumento correspondiente de la protección de la fiabilidad.

Por lo tanto, un programa de mantenimiento consta de tareas de mantenimiento programadas para mantener los equipos y sistemas en condiciones óptimas de funcionamiento (objetivo 1); tareas de mantenimiento no programadas para hacer frente a los fallos en servicio (objetivo 2); una actividad continua de análisis y vigilancia para optimizar el

esfuerzo total de mantenimiento mejorando el programa de mantenimiento (objetivo 3) o solicitando un rediseño de los equipos (objetivo 4); y un esfuerzo para minimizar los costes de mantenimiento (objetivo 5).

## **DISCUSIÓN DE LOS CINCO OBJETIVOS**

### **OBJETIVO 1.**

Garantizar la realización de los niveles de seguridad y fiabilidad inherentes a los equipos. Este objetivo se satisface mediante una serie de tareas de mantenimiento programadas. Las tareas de mantenimiento programado pueden ser desarrolladas por el fabricante del equipo, por la organización de mantenimiento de la aerolínea, por una empresa de mantenimiento de terceros, por alguna organización apoyada por la industria (asociación comercial) o por alguna combinación de éstas. Por lo general, el fabricante proporciona al operador información básica sobre el funcionamiento del equipo y algunas técnicas básicas de resolución de problemas, así como procedimientos de servicio, desmontaje/instalación y mantenimiento.

En la industria de la aviación comercial, los fabricantes, los vendedores y los operadores se reúnen y desarrollan un programa de mantenimiento programado. El programa desarrollado se basa en el conocimiento del equipo, así como en el conocimiento y la experiencia en el entorno operativo. El proceso utilizado para ello se discutió en el Capítulo 2.

### **OBJETIVO 2.**

Restablecer la seguridad y la fiabilidad a sus niveles inherentes cuando se ha producido un deterioro. Este objetivo se satisface con las tareas de mantenimiento no programado desarrolladas por el proceso MSG y contenidas en el manual de mantenimiento del fabricante. Las tareas de mantenimiento no programado son el resultado de una combinación de actividades: (a) acciones de localización de averías que determinan la naturaleza y la causa del problema; (b) retirada y sustitución de repuestos o componentes para efectuar la reparación o el restablecimiento; y (c) realización de determinadas pruebas y ajustes para garantizar el correcto funcionamiento del sistema o del equipo una vez realizada la "reparación". Las tareas de mantenimiento no programado, desarrolladas por el fabricante, son a veces modificadas, sobre el terreno, por los operadores a través de la experiencia. Estas modificaciones, sin embargo, deben ser aprobadas por la FAA.

Los informes de averías proceden de los operadores y usuarios a través de diversos medios, normalmente un curso de registro que se lleva en el avión o mediante informes verbales o escritos de los operadores, las tripulaciones de vuelo, las tripulaciones de cabina, los usuarios o el personal de mantenimiento. Las tareas de mantenimiento que se derivan del análisis de datos suelen ser acciones resultantes de algún tipo de programa de fiabilidad u otras actividades de análisis de fallos realizadas por el control de calidad (QC).

### **OBJETIVO 3.**

Obtener la información necesaria para el ajuste y la optimización del programa de mantenimiento cuando no se cumplen estos niveles inherentes. Este objetivo se refiere al ajuste u optimización de un programa de mantenimiento por parte de un operador. Si no es posible cumplir los niveles inherentes de seguridad y fiabilidad del sistema, o si las tasas de fallos o de retirada de determinados elementos son demasiado elevadas, debe investigarse el problema para determinar la razón de esta situación. El problema puede estar en la calidad del mantenimiento realizado, en la inferioridad de los repuestos o componentes utilizados en el mantenimiento, en la inadecuación de los procesos y procedimientos de mantenimiento utilizados o en los propios intervalos de mantenimiento. En algunos casos, el problema puede ser una interferencia electromagnética o mecánica de otros sistemas en el avión o en tierra. Como resultado de estas investigaciones, la compañía aérea puede tener que ajustar su programa de mantenimiento, proporcionar formación adicional a su personal o ajustar sus procedimientos de control de repuestos para alcanzar el nivel de seguridad y fiabilidad inherente al equipo.

### **OBJETIVO 4.**

Obtener la información necesaria para mejorar el diseño de aquellos elementos cuya fiabilidad inherente resulte inadecuada. Este objetivo se aplica cuando el operador no puede alcanzar el nivel de fiabilidad deseado debido a alguna deficiencia en el diseño. Si la investigación asociada al objetivo 3 no muestra ninguna deficiencia en el programa del operador o en la actuación de los mecánicos, entonces se aplica el objetivo 4. En este caso se suele coordinar con otros operadores que utilizan el mismo equipo y con el fabricante. Un esfuerzo conjunto para resolver el problema suele dar lugar a un rediseño por parte del fabricante y a una modificación posterior desarrollada por éste e incorporada por el operador. Otros operadores del mismo equipo, así como las autoridades reguladoras, pueden participar en el proceso de investigación y rediseño. (Este objetivo también puede aplicarse cuando, en opinión del operador, se considere deseable un mayor nivel de rendimiento para un sistema determinado).

## **OBJETIVO 5**

Cumplir estos objetivos con un coste total mínimo, incluidos los costes de mantenimiento y el coste de los fallos residuales.<sup>13</sup> Este objetivo es importante para un programa de mantenimiento bueno y eficaz. Una interpretación libre de este objetivo es "no hacer más mantenimiento del necesario para cumplir los niveles inherentes de seguridad y fiabilidad; y no hacer menos mantenimiento del necesario para cumplir esos niveles". En otras palabras, un buen programa de mantenimiento, para ser eficaz, debe proporcionar vehículos en condiciones de volar al departamento de operaciones a un coste razonable.

Como ejemplo, supongamos que un componente o sistema se revisa diariamente, de acuerdo con el programa de mantenimiento previsto, y se encuentra un problema quizás cada 2 o 3 semanas (o incluso con menos frecuencia). Lo más sensato es reprogramar este chequeo a un intervalo semanal o incluso quincenal para reducir los costes de mantenimiento, para reducir los costes de mantenimiento.

En lo que respecta al mantenimiento, más es mejor, pero sólo hasta cierto punto. Un mantenimiento demasiado escaso puede provocar una degradación temprana y una avería. Pero aumentar el mantenimiento más allá de lo que restablece el nivel inherente de seguridad y fiabilidad no aportará ningún beneficio adicional, aunque sí provocará un aumento de los costes de mantenimiento.

También hay que tener en cuenta la economía cuando el fabricante u otros sugieren modificaciones. El Objetivo 5 requiere que la compañía aérea sospeche el coste de realizar la modificación frente a los beneficios derivados de la misma. Los beneficios pueden traducirse en un aumento de la capacidad operativa y, al mismo tiempo, en una reducción de los costes de mantenimiento. Sin embargo, a veces el coste de la modificación puede no estar justificado. Si el coste de la modificación supera el ahorro, la modificación no está justificada, a menos que los aumentos medibles de rendimiento y/o seguridad puedan justificar el coste.

## **RESUMEN**

En este capítulo se han tratado varios términos relacionados con el esfuerzo de mantenimiento que se utilizarán o a los que se hará referencia en el resto del curso. El uso y la comprensión de estos términos y definiciones deberían convertirse en algo natural para el estudiante.

# **CAPÍTULO 4**

## **CERTIFICACIÓN DEL SECTOR DE LA AVIACIÓN**

### **REQUISITOS**

El sector de la aviación es el más regulado de todos los modos de transporte. Con la excepción de ciertos requisitos para obtener una licencia comercial y la licencia de los vehículos y conductores, se puede entrar en el negocio de los taxis con bastante facilidad. El transporte por carretera es más o menos lo mismo. Los autobuses de tránsito, generalmente operados por entidades sin ánimo de lucro o gubernamentales, tienen requisitos de licencia similares para los vehículos y los conductores, pero los propios vehículos se construyen y venden con poca regulación gubernamental, excepto en lo que respecta a la seguridad y la contaminación del aire. Sin embargo, los ferrocarriles se someten a controles más estrictos, al igual que los operadores de buques comerciales. Pero en la industria de la aviación hay una cantidad considerable de regulaciones, desde el diseño de los vehículos, pasando por los esfuerzos de fabricación, hasta la operación y el mantenimiento de los vehículos. También hay requisitos reglamentarios para la parte comercial.

### **CERTIFICACIÓN DE AERONAVES**

Hay tres certificados necesarios para la certificación completa del avión. Estos documentos -el certificado de tipo, el certificado de producción y el certificado de aeronavegabilidad- certifican, respectivamente, el diseño de la aeronave, el proceso de fabricación y la propia aeronave.

*Certificado de tipo (formulario 8110.9 de la FAA)*

Para empezar, cada aeronave diseñada y construida para su explotación comercial y privada debe contar con un certificado de tipo (TC) aprobado. Este certificado lo solicitan los diseñadores del vehículo una vez que se ha determinado el diseño básico. El TC define el vehículo, los motores y/o las hélices, y los diversos instrumentos, sistemas y equipos que

*componen el modelo. Si se ofrece más de un tipo de motor (es decir, derivados de motores existentes o motores de diferentes fabricantes) para el mismo vehículo, el CT debe cubrir las características y limitaciones de todos ellos. Lo mismo ocurre con otros equipos, sistemas y accesorios. La CT también define las capacidades y limitaciones del vehículo, como los límites de transporte de pasajeros y carga, los límites de altitud, la capacidad de combustible y la velocidad máxima, así como la velocidad de crucero. Todos estos parámetros combinados, que definen la combinación aeronave/motor, deben identificarse en una hoja de datos adjunta al certificado. La combinación aeronave/motor se diseña de acuerdo con las estrictas normas de seguridad y aeronavegabilidad establecidas por la FAA, y este diseño debe probarse ante la FAA mediante inspecciones y vuelos de prueba. Se realiza un vuelo de prueba final de la FAA antes de que se conceda la CT.*

*La CT se solicita en las primeras fases de diseño, pero no se concede hasta que el avión se construye, se prueba en vuelo y se demuestra que cumple las normas de seguridad y aeronavegabilidad. Por ejemplo, la compañía Boeing solicitó la CT para el avión 757-200 en 1978; la Oficina de Certificación de Aeronaves (ACO) de la FAA se la concedió en 1982.*

*En el caso de las variaciones, o derivados, de un modelo determinado, la CT puede ser modificada. Supongamos que el fabricante construye y vende un avión de pasajeros. Después de que este modelo entre en servicio, el fabricante decide producir una versión de carga del mismo avión básico. El diseño resultante será diferente: no habrá ventanas para los pasajeros, el suelo será diferente (para manipular los palés de carga), y otras variaciones que cambian las características básicas del vehículo. Esto requerirá una nueva aprobación de la FAA, pero, en lugar de emitir un nuevo TC, la FAA complementará el TC original, lo que se conoce como certificado de tipo suplementario (STC). El STC definirá el cambio de diseño del producto existente y cómo la nueva modificación afectará al producto existente. El modelo/tipo se añadirá al certificado y se adjuntará una hoja de datos adicional para delinear las características y diferencias del nuevo modelo. Se exigirá una prueba de vuelo de la nueva configuración y se emitirá un TC suplementario. La FAA sólo emitirá certificados de tipo (aprobaciones de diseño) para productos fabricados en Estados Unidos o para productos fabricados en el extranjero destinados a ser utilizados bajo registro estadounidense o por operadores estadounidenses en régimen de arrendamiento o fletamento.*

The United States of America  
**Department of Transportation**  
Federal Aviation Administration

①  
**Type Certificate**

②  
Number \_\_\_\_\_ ③

This certificate issued to ④ certifies that the type design for the following product with the operating limitations and conditions therefor as specified in the Federal Aviation Regulations and the Type Certificate Data Sheet, meets the airworthiness requirements of Part ⑤ of the Federal Aviation Regulations.

⑥ This certificate, and the Type Certificate Data Sheet which is a part hereof, shall remain in effect until surrendered, suspended, revoked, or a termination date is otherwise established by the Administrator of the Federal Aviation Administration.

Date of application: ⑦

Date of issuance: ⑧

By Direction of the Administrator

(Signature) \_\_\_\_\_

⑨  
(Title) \_\_\_\_\_

*This certificate may be transferred if endorsed as provided on the reverse hereof.*

*Any alteration of this certificate and/or the Type Certificate Data Sheet is punishable by a fine not exceeding \$1,000, or imprisonment not exceeding 3 years, or both.*

FAA FORM 8110-9 (2-42)(Representation)

Figura 4-1 Certificado de tipo de la FAA (muestra). (1) Tipo de producto (avión, motor, hélice); (2) "IMPORT", si procede; (3) número TC asignado; (4) nombre del solicitante; (5) Reglamento de Aviación Federal aplicable; (6) designación del tipo de producto: "Avión modelo 120". Modelos adicionales si procede; (7) fecha de la solicitud original; (8) fecha de emisión de la TC. Cuando se añadan modelos posteriores, consérvese la fecha original y añádase la nueva; (9) firma del responsable de la dirección de contabilidad de la FAA

## Supplemental Type Certificate Number

This certificate, issued to

certifies that the change in the type design for the following product with the limitations and conditions therefor as specified hereon meets the airworthiness requirements of Part \_\_\_\_\_ of the Regulations.

Original Product-Type Certificate Number:

Make:

Model:

Description of Type Design Change:

Limitations and Conditions:

This certificate and the supporting data which is the basis for approval shall remain in effect until surrendered, suspended, revoked, or termination date is otherwise established by the administrator of the Federal Aviation Administration.

Date of application:

Date reissued:

Date of issuance:

Date amended:

By Direction of the Administrator

(Signature)

(Title)

Any alteration of this certificate is punishable by a fine not exceeding \$1,000, or imprisonment not exceeding 3 years, or both.

This certificate may be transferred in accordance with FAR 21.47.



FAA FORM 8110-2 (10-82)(replaces)

Figura 4-2 Certificado de tipo suplementario de la FAA (muestra).

### Certificado de producción (formulario 8120-4 de la FAA)

Una vez concedido el TC, el fabricante solicita el certificado de producción (PC) presentando el formulario 8110.12 a la Oficina de Distrito de Inspección de Fabricación (MIDO) de la FAA. El certificado de producción se concede después de que la FAA esté satisfecha con el sistema de control de calidad que también consiste en las instalaciones de fabricación y producción necesarias, el sistema de calidad eficaz para el cumplimiento según los requisitos del 14 CFR parte 21, y los datos de diseño aprobados de cada unidad (aeronave) construida según las normas de la CT. En otras industrias, es posible construir un prototipo hecho a mano de un producto que a menudo difiere de las unidades producidas en serie. Esto se utiliza para demostrar las capacidades de la unidad. No es el caso de la aviación. Cada copia de la aeronave debe construirse según las normas del certificado de tipo.

Un fabricante suele obtener un certificado de producción. Cada avión posterior fabricado por esa empresa será añadido al PC original por la FAA. La figura 4-3 muestra la primera página de un certificado de producción típico. Un certificado de producción puede tener un registro de limitaciones de producción (PLR), mostrado en la Fig. 4-4, que enumera todos los TC y STC emitidos a ese fabricante, así como cualquier limitación. El PC es efectivo mientras el fabricante cumpla con los requisitos de la emisión original. En el caso de nuevas tecnologías, o de aeronaves derivadas o nuevas, la FAA puede realizar inspecciones adicionales de las instalaciones y procesos del fabricante si lo considera necesario. La FAA puede cancelar, suspender, sustituir o revocar la PC por causa justificada en cualquier momento.

The United States of America  
Department of Transportation  
Federal Aviation Administration

## Production Certificate

Number 6CE

*Sample*  
*This certificate, issued to*  
ABC AIRCRAFT COMPANY  
*whose business address is*  
4954 AIRPORT DRIVE  
KANSAS CITY, MISSOURI  
*and whose manufacturing facilities are located at*  
752 PROGRESS LANE  
ST. LOUIS, MISSOURI  
*authorizes the production, at the facilities listed above, of reasonable duplicates*  
*of airplanes*  
*which are manufactured in conformity with authenticated data, including,*  
*drawings, for which Type Certificates specified in the pertinent and currently*  
*effective Production Airworthiness Record were issued. The facilities, methods, and*  
*procedures of this manufacturer were demonstrated as being adequate for the*  
*production of such duplicates on date of 5 May, 1999.*

*Duration: This certificate shall continue in effect indefinitely, provided,*  
*the manufacturer continuously complies with the requirements for original*  
*issuance of certificate, or until the certificate is canceled, suspended, or revoked.*

*By direction of the Administrator*

*Date issued:*

August 10, 1999

J.J. Jones, J. J. Jones

*Manager, Manufacturing Inspection Office*

*This Certificate is not Transferable, AND ANY MAJOR CHANGE IN THE BASIC FACILITIES, OR IN THE*  
*LOCATION THEREOF, SHALL BE IMMEDIATELY REPORTED TO THE APPROPRIATE REGIONAL OFFICE OF THE*  
*FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION*

Figura 4-3 Certificado de producción de la FAA (muestra).

### Certificado de aeronavegabilidad (formulario 8100-2 de la FAA)

El tercer certificado, el certificado de aeronavegabilidad (AC), es concedido por el MIDO de la FAA a cada avión producido por un fabricante. Este certificado confirma que la aeronave a la que se concede ha sido inspeccionada y se ha comprobado que es conforme a su certificado de tipo y que está en condiciones de volar. Este certificado de aeronavegabilidad lo solicita el fabricante y lo concede la FAA después de que la aeronave haya superado todas las inspecciones y una prueba de vuelo satisfactoria -cuando la aeronave "sale por la puerta"- justo antes de su entrega al cliente. El certificado de aeronavegabilidad contiene el número de serie único de la aeronave (cola).

El certificado de aeronavegabilidad estándar sigue vigente mientras se cumplan las siguientes condiciones (a) la aeronave cumple con su diseño de tipo; (b) la aeronave está en condiciones de operar con seguridad; (c) se han incorporado todas las directivas de aeronavegabilidad (AD) aplicables; y (d) el mantenimiento y las alteraciones se realizan de acuerdo con las FAR aplicables. La FAA puede cancelar, suspender, sustituir o revocar la AC si, en su opinión, se ha violado alguno de los puntos anteriores.

La figura 4-5 muestra un típico certificado de aeronavegabilidad. Las normas de la FAA exigen que este certificado se exhiba de forma destacada en la aeronave. En los aviones de pasajeros, suele estar expuesto junto a la puerta de entrada principal. Búsquelo la próxima vez que suba a un avión comercial. Si no lo ve, pregunte a un miembro de la tripulación dónde está.

STANDARD AIRWORTHINESS CERTIFICATE			
1. NATIONALITY AND REGISTRATION MARKS	2. MANUFACTURER AND MODEL	3. AIRCRAFT SERIAL NUMBER	4. CATEGORY
N12345	Boeing 747-400	197142	Transport
5. AUTHORITY AND BASIS FOR ISSUE This airworthiness certificate is issued pursuant to the Federal Aviation Act of 1958 and certifies that as of the date of issuance, the aircraft to which issued has been inspected and found to conform to the type certificate, therefore, to be in condition for safe operation, and has been shown to meet the requirements of the applicable comprehensive and detailed airworthiness code as provided by Annex 8 to the Convention on International Civil Aviation, except as noted herein:			
EXEMPTION NO. 1013A FAR 25.471(b): Allows lateral displacement of C.G. from airplane centerline.			
6. TERMS AND CONDITIONS Unless sooner surrendered, suspended, revoked, or a termination date is otherwise established by the Administrator, this airworthiness certificate is effective as long as the maintenance, preventive maintenance, and alterations are performed in accordance with Parts 21, 43, and 91 of the Federal Aviation Regulations, as appropriate, and the aircraft is registered in the United States.			
DATE OF ISSUANCE <b>11/29/92</b>	FAA REPRESENTATIVE <b>John Q. Publican</b> John Q. Publican	DESIGNATION NUMBER <b>DMIR ANM 1234</b>	
Any alteration, reproduction, or misuse of this certificate may be punishable by a fine not exceeding \$1,000, or imprisonment not exceeding 3 years, or both. THIS CERTIFICATE MUST BE DISPLAYED IN THE AIRCRAFT IN ACCORDANCE WITH APPLICABLE FEDERAL AVIATION REGULATIONS.			
FAA Form 8100-2			

Figura 4-5 Certificado de aeronavegabilidad de la FAA (muestra).

El formulario 8100-2 de la FAA también está permitido para las siguientes categorías de vehículos, incluidas las clases normal, utilitaria, acrobática, de transporte y especial. El certificado de aeronavegabilidad especial FAA Forma 8130-7 no se utiliza para el uso de aeronaves comerciales/ aerolíneas. La autorización de la FAA es necesaria para operar cualquier tipo de vehículo aéreo en el espacio aéreo de los Estados Unidos. Los siguientes son los ejemplos de categorías:

- ❖ Primario. Aeronaves que vuelan por placer y para uso personal
- ❖ Restringida. Agricultura, bosques y vida silvestre, topografía, patrullaje, uso meteorológico
- ❖ Deporte ligero. Aviones deportivos ligeros, uso de vehículos ultraligeros
- ❖ Experimental. I+D, carreras aéreas, entrenamiento de tripulaciones, uso de sistemas de aeronaves no tripuladas

## INSPECCIÓN DE ENTREGA

Antes de la entrega a un cliente, la aeronave suele someterse a una inspección por parte de éste para garantizar que el vehículo se ha construido según las especificaciones y requisitos del cliente. Esto incluye el diseño básico, las opciones y el equipamiento suministrado por el cliente (si lo hay), hasta la forma, el color y la posición del logotipo de la aerolínea. Esta inspección por parte del operador puede ser superficial o detallada y a menudo incluye un vuelo de prueba realizado por su propio personal de vuelo y de cabina. Cualquier discrepancia encontrada debe ser corregida por el fabricante antes de la entrega. Los transportistas comerciales suelen hacer volar la aeronave "alrededor de la asta de la bandera" en el centro de entrega del constructor para realizar este chequeo. Algunos pueden llevar la aeronave en un "vuelo de prueba" desde el centro de entrega hasta la base del transportista. Una vez que el cliente acepta la aeronave del fabricante, es totalmente responsable de mantener la unidad en condiciones de aeronavegabilidad de acuerdo con su propio programa de mantenimiento y las normas de la autoridad reguladora.

## CERTIFICACIÓN DEL OPERADOR

Un operador no puede limitarse a comprar una aeronave y entrar en servicio comercial simplemente obteniendo una licencia y solicitando clientes en el mercado. En el sector de la aviación, para que un futuro operador entre en el negocio, debe cumplir los requisitos tanto del Departamento de Comercio, en lo que respecta a los aspectos comerciales de la explotación de las aerolíneas, como del Departamento de Transporte (DOT), principalmente la FAA, en lo que respecta a los aspectos técnicos. En resumen, el futuro operador debe proporcionar la información necesaria para garantizar que entiende el negocio de la aviación comercial; entiende los aspectos operativos y de mantenimiento de la operación de la aviación comercial; y tiene el personal, las instalaciones y los procesos necesarios para llevar a cabo ese negocio.

El secretario del DOT emite un "certificado de conveniencia y necesidad pública" que autoriza al beneficiario a entrar en el transporte comercial. El secretario determina que el solicitante es "apto, dispuesto y capaz" de realizar el servicio.

A continuación, la Oficina de Distrito de Normas de Vuelo (FSDO) de la FAA emite un certificado de explotación (OC) a la compañía aérea. Este certificado autoriza a la compañía a operar un servicio de transporte aéreo regular en virtud

de la Ley Federal de Aviación de 1958, en su versión modificada. El certificado de explotación no es transferible a otro operador.

El OC permanece en vigor indefinidamente a menos que el operador renuncie a él, sea sustituido por otro certificado o sea revocado por la FAA. El OC establece, en parte, que la aerolínea está autorizada a operar de acuerdo con la Ley Federal de Aviación y sus normas y reglamentos, y "los términos, condiciones y limitaciones contenidos en la especificación de operaciones".

En parte, la Ley Federal de Aviación de 1958 requiere que la aerolínea desarrolle un documento de especificaciones de operaciones (Ops Specs) para cada tipo de aeronave que vaya a operar en servicio comercial. El Ops Specs es un documento matriz; es decir, además de la información específica que aparece en el documento, puede identificar otros documentos de la aerolínea, por referencia, que describen completamente ciertas operaciones de la aerolínea que se aplican al modelo. Las especificaciones operativas describen actividades operativas tales como (a) el tipo de servicio que se ofrecerá, pasajeros, carga o combinación; (b) el tipo de aeronave que se utilizará; (c) las rutas que se volarán; (d) los aeropuertos y aeropuertos alternativos que se utilizarán; (e) las instalaciones de navegación y comunicaciones que se utilizarán en cada ruta; (f) los puntos de paso utilizados en la navegación; y (g) las rutas de despegue y aproximación, incluyendo cualquier ruta de aproximación alternativa, en cada aeropuerto.

Las especificaciones operativas también deben identificar el programa de mantenimiento e inspección aplicable al modelo, incluidos los programas de mantenimiento programado y no programado; el programa de inspección; y el programa de reparación de motores y equipos (mantenimiento fuera de la aeronave). También se definirán otros aspectos del mantenimiento, como los programas de garantía de calidad y fiabilidad. Si alguna parte del mantenimiento de la aeronave o de los sistemas es realizada por un tercero, ese acuerdo también debe abordarse en las especificaciones de operaciones.

El documento de especificaciones de operaciones es un documento detallado y es elaborado por el inspector principal de mantenimiento (PMI) asignado a la aerolínea por la FAA y por el personal de la aerolínea. Se adapta a cada operación.

## CERTIFICACIÓN DEL PERSONAL

Los requisitos mínimos para las operaciones de las aerolíneas según la parte 121 establecen que la aerolínea debe tener suficiente personal técnico y de gestión cualificado a tiempo completo para garantizar un alto grado de seguridad en sus operaciones. Los requisitos básicos de personal son un director de seguridad, un director de operaciones, un director de mantenimiento, un jefe de pilotos y un inspector jefe. Sin embargo, esto es sólo una sugerencia. La FAA añade que puede aprobar cualquier otro número de puestos y cualquier otro título siempre que el operador pueda demostrar que puede realizar la operación de forma segura. Las personas que ocupen estos puestos deben tener la "formación, experiencia y conocimientos técnicos "3 necesarios para llevar a cabo el negocio de la aviación y deben conocer las políticas y procedimientos reglamentarios y de la aerolínea en relación con sus trabajos específicos. La aerolínea identifica los "deberes, responsabilidades y autoridad "4 de este personal de gestión.

## CERTIFICACIONES DE MANTENIMIENTO DE AVIACIÓN

La formación comienza con alguien que está interesado en convertirse en técnico de mantenimiento de aeronaves. Normalmente comienza en la escuela secundaria. Algunas escuelas secundarias tienen contratos con escuelas de formación en mantenimiento de aviación que permiten a los estudiantes tomar clases y graduarse con licencias de fuselaje y planta motriz (A&P) al mismo tiempo que se gradúan de la escuela secundaria.

Las escuelas de formación en mantenimiento de aviación deben formar a todas las personas y certificarlas de acuerdo con la normativa de la FAA. Para obtener una licencia de A&P, las escuelas de aviación deben cumplir tres requisitos, que son los mínimos, antes de realizar el examen de A&P de la FAA. El curso de licencia de aviónica/FCC es opcional.

1. Curso de aviación general
2. Curso de fuselaje
3. Curso de planta motriz
4. Curso de aviónica/licencia FCC

## CURSO DE AVIACIÓN GENERAL

*El curso de aviación general es un bloque de construcción o una base para el mantenimiento de la aviación. Cuando una persona comienza un programa de aviación, nunca ha puesto un pie en el mundo del mantenimiento de la aviación y no sabe si tendrá éxito, ya que no todo el mundo es apto para este tipo de trabajo. El curso de aviación general ofrece un enfoque de formación sistemática en un sector en el que las cosas cambian de la noche a la mañana. La historia de la aviación, desde los hermanos Wright hasta el alunizaje y los vuelos supersónicos, ha creado el deseo de comprender mejor el lugar que ocupa el mantenimiento en la aviación. Ahí es donde los fundamentos de la aviación general dan el pistoletazo de salida y ofrecen la información necesaria para obtener las habilitaciones de fuselaje y planta motriz. Los cursos de aviación general son fáciles de entender con referencias cruzadas, diagramas y temas, y son un excelente recurso para alguien que está empezando una carrera en el mantenimiento de la aviación. Los cursos generales también incluyen las Regulaciones Federales de Aviación (FAR) y las Circulares Consultivas (AC).*

## **CURSO DE FUSELAJE**

*El curso de fuselaje es uno de los cursos más pesados que he encontrado. Está lleno de todo tipo de información sobre los metales, la estructura y todos los demás componentes de las aeronaves, excluyendo los motores, de los que hablaremos en la sección de la planta motriz. La construcción de aviones requiere diferentes tipos de componentes, estructuras y subconjuntos para construir un avión aerodinámico. Los fabricantes de aviones tienen un enfoque sistemático para construir un avión, como el cuerpo del avión, la sección de cola, las alas, los trenes de aterrizaje y el motor.*

*Los cursos de fuselaje proporcionan una comprensión de las estructuras y componentes. Mientras los estudiantes realizan estos cursos, trabajan de forma práctica en los talleres de las aeronaves, aprendiendo a cortar, desgarrar, soldar y lubricar los sistemas y componentes de las aeronaves a medida que avanzan en el curso de fuselaje. Las escuelas de aviación imitan el taller de mantenimiento de aviación que se encuentra en cualquier instalación de mantenimiento de aeronaves de una estación de reparación o de una aerolínea. Una escuela de aviación es donde un estudiante aprendería a utilizar herramientas complejas para retirar y reemplazar componentes, instrumentos de aeronaves y sistemas hidráulicos y neumáticos.*

## **CURSO DE PLANTAS DE ENERGÍA**

*La historia de las centrales eléctricas se remonta a Leonardo DaVinci. El curso de planta motriz es una introducción a los motores de aviación, su diseño y la construcción de motores alternativos y de turbina. Este curso proporciona un desglose básico del mantenimiento del sistema de la central eléctrica/motor de la aeronave, el desmantelamiento y la reparación de los motores alternativos y de turbina, y el aprendizaje de conocimientos sobre el futuro del mantenimiento de la central eléctrica. El curso de centrales eléctricas también abarca el funcionamiento de los sistemas de suministro de combustible de un motor, el funcionamiento de la refrigeración y el escape, y el mantenimiento y la resolución de problemas de los sistemas de encendido.*

*Una vez completados los tres cursos generales, de fuselaje y de planta motriz, el estudiante debe realizar exámenes orales y prácticos. Los exámenes orales y prácticos son supervisados por un inspector de normas de vuelo de la FAA o por un examinador mecánico designado por la FAA (DME). Los exámenes orales se basan en el conocimiento de las aeronaves y de las plantas motrices, y se trata de una serie de preguntas. En el examen práctico de fuselaje y plantas motrices, el DME generará cualquier tipo de situación de problema de inconsistencia en el fuselaje y las plantas motrices, y el estudiante debe utilizar sus conocimientos de fuselaje y plantas motrices para arreglar correctamente el problema utilizando el manual de mantenimiento de la aeronave según sea necesario. El técnico de mantenimiento de aeronaves pasa por una formación rigurosa y avanza hasta dominar todos los sistemas. Los nuevos métodos de formación están eliminando la necesidad de técnicos de aviación. Ahora un técnico de A&P puede realizar también las funciones de aviónica, gracias a la nueva formación, los manuales de fácil manejo, los aviones de AMT y los nuevos sistemas de resolución de problemas.*

## **CURSO DE LICENCIA DE AVIÓNICA/FCC**

*Los cursos de aviónica están diseñados para preparar al estudiante para un puesto de entrada en el campo de la electrónica/aviónica. El plan de estudios es una introducción a la teoría de la electrónica y la aviónica y a sus aplicaciones prácticas. Los técnicos de aviónica normalmente trabajan en un entorno de mantenimiento de línea donde están solucionando problemas de los sistemas electrónicos de la aeronave, radar, GPWS, sistemas de colisión y evasión del terreno, quitando y reemplazando LRUs, y soldando cables rotos. Ser técnico de aviónica requiere una gran atención al detalle.*

# INTERACCIÓN CON LA INDUSTRIA DE LA AVIACIÓN

El sector de la aviación está formado por los fabricantes de aeronaves; los fabricantes y vendedores de repuestos, sistemas y accesorios para las aeronaves; los operadores aéreos; las organizaciones de mantenimiento de terceros; las asociaciones comerciales, como la Asociación de Transporte Aéreo de América (ATA) y la Asociación Internacional de Transporte Aéreo (IATA); los sindicatos de tripulantes de vuelo, tripulantes de cabina y mecánicos; y las autoridades reguladoras. Este grupo integrado de profesionales trabaja constantemente para desarrollar y mejorar la aviación, tanto desde el punto de vista técnico como operativo. Esto es algo único en comparación con otros modos de transporte. Este concepto de mejora continua de la calidad (CQI) estaba en vigor en el ámbito de la aviación comercial mucho antes de que se convirtiera en un procedimiento estándar en otras industrias.

## CAPÍTULO 5

### DOCUMENTACIÓN PARA EL MANTENIMIENTO

La documentación para el mantenimiento es requerida por la FAA. La Circular Consultiva AC 120-16E, Programas de Mantenimiento de las Compañías Aéreas, se refiere al sistema de manuales de mantenimiento de las compañías aéreas, al sistema de registro/documentación de mantenimiento y a otros requisitos diversos. Se ha dicho que la documentación en papel necesaria para el mantenimiento de un avión de pasajeros moderno pesa tanto como el propio avión. Sea cierto o no, hay una cantidad considerable de documentación necesaria para entender, identificar y aplicar los requisitos de mantenimiento. En los últimos años, los ordenadores han sustituido al papel, pero la reducción es menor de lo que parece, ya que los requisitos de datos e informes siguen siendo los mismos.

El sistema de documentación de los aviones puede definirse como "de la cuna a la tumba". Cuando se construye el avión, comienza la documentación, y a lo largo de su vida útil la documentación se recoge en forma de páginas de registro de mantenimiento realizado, Orden de Ingeniería (Eos), Directiva de Aeronavegabilidad (Ads), Boletines de Servicio (SBs), Directivas de Campaña de Flota (FCDs), registros de cualquier reparación menor o mayor, y comprobaciones de fase. Cuando una aeronave se vende, se da de baja y se retira, todo el papeleo debe seguir a la aeronave.

En este capítulo no hablaremos de los formularios de mantenimiento requeridos; éstos se tratarán más adelante en el capítulo 10. El objetivo principal de este capítulo es comprender la documentación que identifica una aeronave, sus sistemas y el trabajo necesario para repararlos y mantenerlos. Algunos de los documentos serán personalizados para el operador por el proveedor de la aeronave al fabricante, mientras que otros serán genéricos. La mayoría de estos documentos tienen ciclos de revisión estándar, y los cambios son distribuidos regularmente por el fabricante de la aeronave.

Los documentos controlados se utilizan en la operación y/o el mantenimiento de la aeronave de acuerdo con la normativa de la FAA. Este tipo de documentos tienen una distribución limitada dentro de la aerolínea y requieren un chequeo regular con una lista de revisiones y números de página activos y rescindidos. El operador está obligado a utilizar únicamente documentos actualizados. La información escrita es proporcionada por el fabricante del fuselaje y el fabricante de los sistemas y equipos instalados en la aeronave. Los documentos proporcionados por la autoridad reguladora y la documentación escrita por la propia compañía aérea detallan los procesos de mantenimiento individuales. Vamos a hablar de la siguiente documentación:

1. La documentación del fabricante
2. La documentación reglamentaria
3. Documentación generada por la compañía aérea
4. Documentación estándar de la ATA

### DOCUMENTACIÓN DEL FABRICANTE

En la Tabla 5-1 se indican los documentos que el fabricante del fuselaje proporciona al operador para el mantenimiento de la aeronave. La forma y el contenido de los documentos varían a veces de un fabricante a otro. La tabla identifica, básicamente, el tipo de información que el fabricante del fuselaje pone a disposición de sus clientes. Algunos de los documentos pueden ser personalizados para la aerolínea o el operador para incluir únicamente la configuración y el equipamiento. Estos documentos se denominan documentos personalizados por el fabricante y se indican en la parte inferior de la Tabla 5-1.

TABLA 5-1 Documentación del fabricante

Title	Abbreviation
Airplane maintenance manual*	AMM
Component location manual	CLM
Component maintenance manual	CMM
Vendor manuals	VM
Fault isolation manual*	FIM
Illustrated parts catalog†	IPC
Storage and recovery document‡	SRD
Structural repair manual	SRM
Maintenance planning data document	MPD
Schematic diagram manual*	SDM
Wiring diagram manual*	WDM
Master minimum equipment list	MMEL
Dispatch deviation guide	DDG
Configuration deviation list	CDL
Task cards*	TC
Service bulletins	SBs
Service letters	SLs

- ❖ Personalizado para contener la configuración del cliente.
- ❖ Personalizado a petición del cliente.
- ❖ La información puede incluirse en la AMM para aviones de modelo reciente.

Otros documentos de mantenimiento que normalmente acompañan a los documentos del fabricante de la aeronave son los documentos del proveedor. Estos documentos contienen el fabricante del motor, los asientos de la tripulación de vuelo, los asientos de los pasajeros, los manuales de la cocina de la aeronave y los manuales de reparación de los componentes de otros proveedores.

## MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL AVIÓN

El manual de mantenimiento del avión (AMM) es un documento formal que contiene toda la información básica sobre el funcionamiento y el mantenimiento de la aeronave y sus equipos de a bordo. Comienza con una explicación del funcionamiento de cada sistema y subsistema (detallando la descripción y el funcionamiento) y describe acciones básicas de mantenimiento y servicio como el desmontaje y la instalación de LRU y diversas pruebas realizadas en el sistema y el equipo, como la prueba funcional, la chequeo operativa ajustes, reposición de diversos fluidos y otras tareas de servicio. El AMM normalmente excluye cualquier tipo de reparación que pueda incluir estructuras o paneles de fibra de vidrio. El AMM utiliza el sistema de codificación ATA. Al completar una discrepancia o tarea de mantenimiento, un técnico firma el curso de registro o la tarjeta de trabajo no rutinario (NRWC) utilizando la referencia AMM asociada con el sistema de capítulos y subcapítulos ATA. (Véase la codificación ATA más adelante en la sección sobre el estándar de documentos ATA).

## MANUALES DE COMPONENTES Y PROVEEDORES

Cualquier componente construido por el fabricante del fuselaje irá acompañado de un manual de mantenimiento del componente (MMC) escrito por el fabricante. Normalmente, los fabricantes de aeronaves fabrican la aeronave, mientras que otros sistemas, como los motores, los trenes de aterrizaje, los asientos de la tripulación de vuelo y los asientos de los pasajeros, se compran a proveedores externos, pero cuando el fabricante de aeronaves vende la aeronave, los MMC de los otros proveedores acompañan a estos elementos, en caso de que haya que reparar o sustituir repuestos. La MMC muestra el desglose de todos los componentes que forman una pieza completa. Los componentes instalados en la aeronave son elegidos por las compañías aéreas y se instalan durante o después de la finalización de la aeronave.

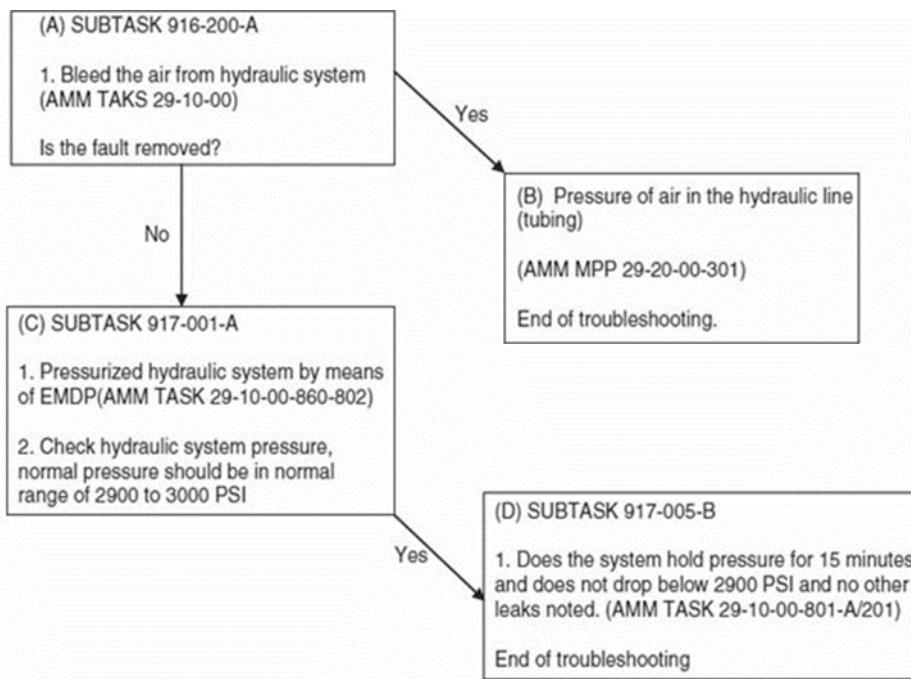
Por ejemplo, en el asiento de la tripulación de vuelo, si el cable de ajuste vertical está roto, el técnico consulta en la MMC el número de pieza del cable y lo retira y lo sustituye. La tarea de mantenimiento se lleva a cabo, restaurando un componente y devolviéndolo a un estado útil. Las MMC se utilizan habitualmente en un taller, ya que las compañías aéreas normalmente retiran y sustituyen conjuntos completos de repuestos para ahorrar tiempo. La MMC forma parte de los datos técnicos normalmente aprobados por la FAA.

## MANUAL DE AISLAMIENTO DE FALLOS (FIM)

El FIM contiene un conjunto de árboles de aislamiento de fallos proporcionados por el fabricante de la aeronave para ayudar a solucionar los problemas, aislar la sección en la que se ha producido el fallo, e identificar y localizar los problemas relacionados con varios sistemas y componentes de la aeronave. El sistema de fallos de la aeronave normalmente muestra la ocurrencia de fallos en la cabina de vuelo en la pantalla de mensajes del sistema de indicación de motores y alerta a la tripulación (EICAS). El EICAS muestra los fallos en un color amarillo/ámbar, que alerta a la tripulación de vuelo de que se ha producido un fallo.

El FIM es un diagrama de bloques que proporciona una referencia a las tareas y subtareas del AMM. Al final de cada tarea, preguntará: "¿Se ha eliminado la avería?". El AMT debe seguir las flechas subsiguientes que indican "Sí" o "No" para seguir solucionando el problema. Si no se requiere más mantenimiento, la discrepancia se ha resuelto y no es necesario tomar más medidas. El diagrama de flujo está diseñado para localizar muchos problemas, pero no todos, en los distintos sistemas.

La figura 5-1 es un ejemplo de FIM



Ejemplo: El sistema hidráulico no alcanza el rango de operación normal de 2900 a 3000 PSI.

## MANUAL DE LOCALIZACIÓN DE COMPONENTES (CLM)

El CLM proporciona la ubicación de todos los elementos del equipo principal de la aeronave. Normalmente, los AMT saben cómo localizar un componente cuando lo sustituyen, pero el CLM es una gran herramienta para encontrar el número de pieza del componente y también su ubicación. El CLM trabaja con cuatro secciones diferentes dentro del sistema de manuales del fabricante: (1) el sistema de codificación ATA, (2) el sistema de números de aleta, (3) el sistema de catálogo de repuestos ilustrado (IPC) y (4) las cifras de localización de artículos. El sistema ATA se utiliza para encontrar o localizar el artículo con los capítulos ATA. El número de aleta funciona con el sistema de catálogo de repuestos ilustrado (IPC) con la localización del artículo en un sistema alfanumérico. Se trata de una gran herramienta para ayudar a los técnicos de aviación a encontrar relés y otros elementos ocultos; basta teclear el número de aleta y el nombre de la pieza, y se muestra el número y la referencia del manual. La zona ATA es el sistema de zonas designado por el fabricante según los capítulos ATA. El cuarto elemento es la figura de localización, donde cada zona de la aeronave se resalta al seleccionarla. Esto presenta una visión general de toda la zona, incluyendo las imágenes de los componentes y los números de pieza con sus respectivas ubicaciones.

## CATÁLOGO DE PIEZAS ILUSTRADO (IPC)

El IPC es elaborado por el fabricante de la célula e incluye la lista y los diagramas de ubicación de todos los repuestos utilizados en la aeronave. Incluye todos los repuestos de todos los sistemas y, por lo general, no se adapta a la configuración de la aerolínea. Sin embargo, cuando la aeronave se personaliza, mostrará los repuestos por figura, número de pieza y número de artículo con aplicabilidad a la aeronave. Cada aeronave recibe un número de serie, junto con un número de registro de la aeronave que se utiliza en la CIP por razones de afectividad cuando se busca una pieza utilizando los capítulos de la ATA. El IPC muestra los conjuntos, subconjuntos, números de pieza alternativos, y la

*intercambiabilidad de los repuestos junto con cualquier modificación si se realiza en los repuestos por el boletín de servicio, el IPC mostrará estas repuestos como pre o post modificación.*

## **DOCUMENTO DE ALMACENAMIENTO Y RECUPERACIÓN (SRD)**

*El SRD contiene la información necesaria para abordar el mantenimiento y la revisión de las aeronaves que van a estar fuera de servicio y almacenadas durante largos períodos de tiempo. Esto incluye los procedimientos para drenar ciertos fluidos, mover la aeronave para que los neumáticos no se pinchen y proteger los componentes de la intemperie. En las aeronaves de modelos más antiguos, este documento fue elaborado por separado por el fabricante del fuselaje. En las aeronaves de fabricación más reciente, esta información se incluye en el AMM correspondiente (ATA, Capítulo 10).*

## **MANUAL DE REPARACIÓN ESTRUCTURAL (SRM)**

*El SRM es un manual específico del fuselaje que proporciona al operador de la aeronave información sobre la piel de la aeronave y otras tolerancias y procedimientos específicos en caso de daños estructurales menores. El SRM indica las dimensiones y los límites aceptables de los daños en la estructura de la aeronave para que el operador sepa cuándo debe repararse el daño.*

*Por ejemplo, cuando una aeronave sufre un daño como una abolladura, normalmente se mide la abolladura por su profundidad y en relación con su zona circundante para asegurarse de que no hay daños en la zona de las costillas y para comprobar si hay indicios de una grieta. A continuación, el operario consulta el SRM de la zona en la que se encuentra la abolladura en la aeronave para ver si se trata de una reparación menor o mayor. El SRM proporciona la tolerancia de daños que determinará si la aeronave puede volar con una abolladura menor que puede ser reparada posteriormente. El SRM también indicará el número de horas que la aeronave puede volar con la abolladura.*

*Hay algunos daños que van más allá de los límites del SRM, y el departamento de mantenimiento tendrá que ponerse en contacto con ingeniería para que se emitan esquemas de reparación específicos. Si los daños van más allá de los límites del SRM, el departamento de ingeniería de la aerolínea se pone en contacto con los ingenieros del fabricante del avión. La reparación suele realizarse mediante una orden de ingeniería (EO) que guiará al departamento de mantenimiento de la aeronave y al departamento de inspección sobre cómo reparar y firmar, devolviendo la aeronave a su estado de aeronavegabilidad.*

## **DOCUMENTO DE DATOS DE PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO (MPD)**

*Este documento (llamado programa de mantenimiento de la aeronave por McDonnell-Douglas) proporciona al operador de la aerolínea una lista de tareas de mantenimiento y revisión que deben realizarse en la aeronave. Contiene todos los puntos del informe MRB junto con otra información. Algunas de estas tareas se identifican como requisitos de mantenimiento de certificación (CMR) y son exigidas por la FAA para mantener la certificación de la aeronave. Todas las demás tareas, que fueron desarrolladas por el proceso MSG (véase el capítulo 2) se incluyen junto con otras tareas recomendadas por el fabricante. Las tareas se dividen en varias agrupaciones para los modelos más antiguos de aeronaves (diarias, de tránsito, comprobaciones de cartas, límites horarios y límites de ciclo) y se utilizan para la planificación por parte de la aerolínea. Los modelos posteriores no agrupan las tareas por letras de control, sino sólo por horas, ciclos y tiempo de calendario.*

## **MANUAL DE DIAGRAMAS ESQUEMÁTICOS (SDM)**

*El SDM contiene diagramas esquemáticos de los sistemas eléctricos, electrónicos e hidráulicos de la aeronave, así como diagramas lógicos de los sistemas aplicables. Los diagramas del AMM y otros manuales suelen ser diagramas simplificados para ayudar a describir el sistema y ayudar a la resolución de problemas. El manual de esquemas, sin embargo, contiene la información detallada e identifica los mazos de cables, los conectores y el equipo de interconexión.*

## **MANUAL DE DIAGRAMAS DE CABLEADO (WDM)**

*El WDM es una herramienta esencial para la localización de averías. El WDM proporciona información sobre los recorridos del cableado de todos los sistemas y componentes que contienen dichos elementos. Debido a la complejidad de las aeronaves modernas y de su sistema eléctrico, los dispositivos de control, como los indicadores y los sensores, proporcionan y transmiten información a la cabina de vuelo en una complicada red de cableado, como un sistema de red. El WDM muestra el recorrido de los cables desde el morro del avión hasta la cola y desde otras secciones hasta los*

diferentes conectores, sensores de a bordo y dispositivos de control. Normalmente, los cables que se dirigen en haces desde el lado del fuselaje de la aeronave también se muestran en el WDM.

El mazo de cables también es un tipo de haz de cables, pero cuando nos referimos al mazo de cables, normalmente nos referimos al lado de la energía de la aeronave. El mazo de cables normalmente está conectado a una pared de fuego, que es un punto de conexión desde el mazo de cables del motor al sistema del fuselaje de la aeronave. Cuando se retira el motor de la aeronave, el mazo de cables (paquete) se queda con el motor de la aeronave, y sólo las clavijas de cañón se desconectan de la pared de fuego. (Las clavijas de cañón son los extremos de los haces o mazos de cables en los que todos los cables están conectados por clavijas que proporcionan corriente eléctrica al sistema cuando se inicia). Los mazos de cables son fáciles de reparar y solucionar problemas, ya que no superan más de unos pocos pies de longitud, frente a los cables del lado del fuselaje de la aeronave, que pueden tener cientos de pies de longitud, dependiendo de su enrutamiento. (Los conceptos de mazo de cables también se utilizan para las radios de los automóviles y otros equipos, lo que facilita la instalación y la resolución de problemas).

Los cables de los aviones suelen estar hechos de cobre estándar y, en algunos casos, están recubiertos de diferentes aleaciones para evitar la corrosión. Debido a la gran cantidad de corriente necesaria para transportar distancias más largas, se suele utilizar cable de aluminio. Normalmente está aislado por una trenza de fibra de vidrio.

El cable para aviones se mide con el sistema American Wire Gauge (AWG), que se utiliza desde finales de la década de 1850. En el sistema AWG, el número mayor representa el cable más pequeño. El siguiente es un ejemplo del sistema AWG que se encuentra en el WDM:

\*\*\* K15B-25 \*\*\*

K → Letra del alfabeto-Sistema en el que se utiliza un cable 15 → Número de dos dígitos-Número de cable individual

B → Letra del alfabeto-Segmento del cable/sección de la fuente de alimentación del cable 25 → Número de dos dígitos-Tamaño del cable (tamaño AWG)

Lamentablemente, no existe una norma establecida para la identificación de los cables por parte de los fabricantes de aeronaves, pero hay marcas en los cables de las aeronaves cada 15 pulgadas o menos que indican la ubicación de un cable y el tipo de circuito, que se pueden encontrar en la MMEL.

## LISTA MAESTRA DE EQUIPO MÍNIMO (MMEL)

La MMEL es emitida por el fabricante del fuselaje y desarrollada por el grupo de ingeniería de vuelo del fabricante. Antes de emitir la MMEL, el fabricante de la aeronave presenta una propuesta de lista maestra de equipo mínimo (PMMEL) a la oficina de certificados de tipo del país de fabricación de la aeronave (en Estados Unidos, FAA Flight Operation Evaluation Board). Una vez aprobada por la autoridad, se convierte en una MMEL.

La MMEL se utiliza para identificar los equipos que pueden estar degradados o inoperativos en el momento del despacho de la aeronave. Se trata de los sistemas que la tripulación de vuelo, en determinadas circunstancias, puede aceptar en el momento del despacho en estado degradado o inoperativo, siempre que el sistema se arregle dentro del plazo establecido por la MMEL. La MMEL contiene información sobre todos los equipos disponibles en el modelo de avión al que se aplica. Es responsabilidad de la compañía aérea desarrollar su propio manual adaptado a su equipo específico. Este documento, llamado MEL, se discute más adelante en la documentación generada por la aerolínea.

## GUÍA DE DESVIACIÓN DEL DESPACHO (DDG)

Algunos de los elementos de la MMEL que están inoperativos o degradados en el momento del despacho requieren una acción de mantenimiento antes del aplazamiento y el despacho. Puede tratarse de la necesidad de tirar y colocar carteles en ciertos disyuntores, desconectar la energía, atar los cables sueltos de los equipos retirados y otras acciones diversas para asegurar la aeronave y el sistema contra un funcionamiento inadecuado. Las instrucciones necesarias para estas acciones se proporcionan en la DDG. Esta guía está redactada por el personal de AMM del fabricante y se coordina con el MMEL.

## LISTA DE DESVIACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN (CDL)

La CDL es similar a la DDG, pero se refiere a la configuración de la aeronave en lugar del sistema y el equipo de la aeronave. La CDL identifica cualquier parte externa de los paneles de la aeronave, las puertas del tren de aterrizaje, los carenados de las bisagras de los flaps, las puertas de carga y todos los sistemas de indicación y advertencia de las puertas.

Estos elementos pueden estar inoperativos, agrietados, rotos o desaparecidos. Normalmente, estos elementos se descubren durante los chequeos en línea o en los chequeos previos o posteriores al vuelo del día. Los elementos CDL no afectan a la aeronavegabilidad ni a la seguridad de la aeronave, y la operación de vuelo programada puede reanudarse. Algunas CDL, cuando se aplican o emiten, pueden tener condiciones de hielo o restricciones de velocidad de vuelo (por ejemplo, la puerta del tren de aterrizaje, el carenado de las bisagras de los flaps, etc.).

El sistema de CDL tiene normalmente la categoría C, en la que debe ser reparado en 10 días de vuelo, excluyendo el día del descubrimiento. Este ciclo de reparación es personalizado por el operador de la aeronave.

## ELEMENTOS DE EQUIPAMIENTO Y MOBILIARIO NO ESENCIALES (NEF)

El NEF contiene los elementos más aplazados, como los paneles (cabina de vuelo, cabina), los portavasos, la falta de pintura en el panel de la cabina de vuelo o en la zona de la cabina, elementos cosméticos que pueden estar rotos, agrietados, astillados o desaparecidos. Los elementos NEF se encuentran en toda la aeronave y no afectan la seguridad o la aeronavegabilidad de la aeronave.

El NEF utiliza un programa de aplazamiento adaptado a la MMEL como base para que las compañías aéreas desarrollen sus artículos específicos. Los elementos del NEF tienen un período de transición o un intervalo de reparación, lo que significa que deben ser reparados en la primera oportunidad disponible, dependiendo de la disponibilidad de repuestos, o no más tarde de lo que se describe en el manual del NEF, que normalmente no excede el siguiente chequeo.

La carta política 116 de la FAA (PL-116) ofrece una breve descripción de lo que se convirtió en cambios globales (GC-138) autorizados por el establecimiento de un programa NEF.

## TARJETAS DE TAREAS (TC)

Ciertas tareas del AMM para la remoción/instalación, prueba, servicio y elementos de mantenimiento similares se extraen del AMM y se producen en tarjetas u hojas separadas para que el mecánico pueda realizar la acción sin llevar todo el manual de mantenimiento a la aeronave. (El manual del Boeing 767 tiene unas 20.000 páginas.) Estas tarjetas de tareas pueden utilizarse "tal cual" o pueden ser modificadas por el operador por las razones que se exponen en la sección Documentación generada por la compañía aérea.

## BOLETINES DE SERVICIO, CARTAS DE SERVICIO Y CONSEJOS DE MANTENIMIENTO

Siempre que el fabricante del fuselaje o el fabricante del motor tienen modificaciones o sugerencias para mejorar el mantenimiento y/o la revisión, emiten la documentación adecuada para las aerolíneas afectadas. Un boletín de servicio (SB) suele ser una modificación de un sistema que mejorará la seguridad o el funcionamiento de un sistema e incluye una descripción detallada del trabajo y los repuestos necesarios. Un SB suele ser opcional y la aerolínea toma la decisión (véase el Cap. 8), excepto en ciertos casos relacionados con una directiva de aeronavegabilidad (AD) de la FAA que se tratan más adelante en Documentación normativa. Una carta de servicio (SL) suele proporcionar información para mejorar las acciones de mantenimiento sin modificación del equipo. El consejo de mantenimiento es una sugerencia para el personal de mantenimiento para ayudar en su trabajo o mejorar las condiciones.

TABLA 5-2 Documentos normativos

Title	Abbreviation
Federal aviation regulations	FARs
Advisory circulars	ACs
Airworthiness directives	ADs
Notice of proposed rule making	NPRM

## DOCUMENTACIÓN REGLAMENTARIA

La FAA emite numerosos documentos relacionados con el mantenimiento de las aeronaves y sus sistemas. La Tabla 5-2 enumera los documentos más importantes.

# REGLAMENTOS FEDERALES DE AVIACIÓN (FAR)

En los Estados Unidos, las leyes federales se recogen en un documento conocido como el código de regulaciones federales o CFRs. Las leyes relacionadas con la aviación comercial se encuentran en el título 14 de este código, aeronáutica y espacio, partes 1 a 200. Los reglamentos relativos a la certificación y operación de aviones comerciales de gran tamaño -parte 121- se denominan 14 CFR 121. Normalmente nos referimos a esto como FAR parte 121. En este curso utilizaremos la terminología y la forma de las FAR ya que es muy común en la industria. Estas FAR abordan todos los aspectos del campo de la aviación, incluyendo las aeronaves privadas, comerciales y experimentales; los aeropuertos; las ayudas a la navegación; el control del tráfico aéreo; la formación de pilotos, controladores, mecánicos, etc.; y otras actividades relacionadas.

## CIRCULARES DE ASESORAMIENTO (AC)

Una de asesoramiento es un documento emitido por la FAA para proporcionar asistencia a los operadores en el cumplimiento de los requisitos de diversas FAR. Estas ACs no son vinculantes como ley, sino que son simplemente sugerencias sobre cómo cumplir con otros requisitos. Una AC suele indicar que es "un medio, pero no el único medio" de cumplir con una regulación. La FAA permite cierto margen de maniobra en el cumplimiento de sus reglamentos para lograr los resultados deseados sin tratar de microgestionar al operador.

TABLA 5-2 Documentos reglamentarios

Title	Abbreviation
Federal aviation regulations	FARs
Advisory circulars	ACs
Airworthiness directives	ADs
Notice of proposed rule making	NPRM

## DIRECTIVAS DE AERONAVEGABILIDAD (ADS)

Las directivas de aeronavegabilidad son regulaciones sustanciales emitidas por la FAA para corregir una condición insegura que existe en un producto (aeronave, motor de aeronave, hélice o aparato) y una condición que es probable que exista o se desarrolle en otros productos similares.<sup>1</sup> Un AD, cuya incorporación es obligatoria, puede ser emitido inicialmente por la FAA cuando se observa una condición insegura o puede ser el resultado de la acción de la FAA después de que el fabricante del fuselaje haya emitido un boletín de servicio (SB) relativo a algún problema observado. La incorporación de un SB es opcional, pero si la FAA lo convierte en un AD, la incorporación se convierte en un requisito obligatorio.

Los propietarios u operadores de aeronaves están obligados a mantener la aeronave en conformidad con todos los ADs.<sup>2</sup> Normalmente, un AD incluirá (a) una descripción de la condición insegura; (b) el producto al que se aplica el AD; (c) la acción correctiva requerida; (d) la fecha de cumplimiento; (e) dónde obtener información adicional; y (f) información sobre métodos alternativos de cumplimiento, si procede.

## NOTIFICACIÓN DE PROPUESTA DE NORMA (NPRM)

El NPRM es un proceso de la FAA que indica la intención de cambiar o modificar una Regulación Federal de Aviación (FAR) existente. Esto proporciona un aviso previo e invita a los comentarios públicos sobre las normas propuestas, lo que incluye la celebración de audiencias públicas o actividades específicas, la toma de una decisión y la emisión de una nueva norma, directiva o requisito en forma de una FAR.

## DOCUMENTACIÓN GENERADA POR LA AEROLÍNEA

La Tabla 5-3 enumera la documentación que la aerolínea generará para llevar a cabo sus actividades de mantenimiento. Nuevamente, estos documentos pueden variar en nombre y contenido real de un operador a otro, pero la información identificada aquí debe ser abordada por la documentación de la aerolínea.

TABLA 5-3 Documentación generada por la aerolínea

Title	Abbreviation
Operations specifications	Ops Specs
Technical policies and procedures manual	TPPM
Inspection manual	IM
Reliability program manual	RPM
Minimum equipment list	MEL
Task cards*	TC
Engineering orders†	EOs

- ❖ Puede ser escrita por el fabricante, por el cliente o una combinación.
- ❖ Se emite para el mantenimiento no identificado en el plan de mantenimiento estándar.

## ESPECIFICACIONES DE OPERACIONES

El documento de especificaciones de operaciones (Ops Specs) se ha tratado en el capítulo 4 como un requisito de la FAA para la certificación de la compañía aérea. Lo redacta la aerolínea de acuerdo con los estrictos requisitos de la FAA y normalmente con la ayuda de un representante de la FAA. El Ops Specs se requiere para cada tipo de aeronave volada por la aerolínea. Es un documento principal que hace referencia a otros muchos documentos para evitar la duplicación y detalla los programas de mantenimiento, inspección y operaciones de la aerolínea.

## MANUAL DE POLÍTICAS Y PROCEDIMIENTOS TÉCNICOS (TPPM)

El TPPM es el documento principal para la operación de M&E de la aerolínea y, junto con otros documentos suministrados por el fabricante de la aeronave, sirve como requisito de la FAA para un manual de mantenimiento según el AC 120-16E. Suele ser redactado por el departamento de ingeniería, para garantizar la precisión técnica, a partir de las aportaciones de la dirección de las distintas organizaciones de M&E. Debe definir exactamente cómo se llevarán a cabo todas las funciones y actividades de M&E. El TPPM es un documento detallado y puede tener varios volúmenes. El personal de todas las unidades de M&E debe recibir formación sobre el TPPM, especialmente sobre las partes que se relacionan directamente con el funcionamiento de esa unidad, para que la operación se desarrolle sin problemas. Los detalles del contenido del TPPM se tratan más adelante en este capítulo.

## MANUAL DE INSPECCIÓN (MI)

El MI puede ser un documento separado distribuido principalmente al personal de control de calidad, o puede ser un capítulo del TPPM (enfoque habitual).4 El contenido del MI se refiere a todas las actividades de inspección dentro de M&E: (a) las tareas de inspección de los mecánicos del MPD/OAMP o del informe del MRB; (b) las tareas del inspector de control de calidad; (c) las inspecciones especiales (aterrizajes duros, choques con aves, etc.); (d) el programa de elementos de inspección requeridos (RII) de la aerolínea; y (e) el papeleo, los formularios y los informes necesarios para llevar a cabo estas funciones. Algunos MI pueden indicar detalles sobre la calibración de herramientas y equipos de prueba, ya que se trata de funciones de control de calidad, o pueden figurar en un capítulo separado del TPPM.

## MANUAL DE GARANTÍA DE CALIDAD (QA)

El manual de aseguramiento de la calidad puede ser un manual especial para los auditores de aseguramiento de la calidad únicamente, puede formar parte del manual de inspección, o puede ser un capítulo aparte en el TPPM, según se desee. El manual de garantía de calidad define las funciones y responsabilidades de la organización de garantía de calidad y define los procesos y procedimientos utilizados en las auditorías anuales de garantía de calidad realizadas en las unidades de M&E, los proveedores y los contratistas externos. También se incluyen los formularios utilizados y los informes, así como los procedimientos de seguimiento y aplicación de los informes de garantía de calidad.

## MANUAL DEL PROGRAMA DE FIABILIDAD

El programa de fiabilidad de una compañía aérea, según las normas de la FAA, debe ser aprobado por la autoridad reguladora, por lo que suele publicarse como un documento independiente. Este documento define el programa de fiabilidad en detalle (véase el Cap. 18) para que la FAA pueda evaluar y aprobar todos sus elementos de una sola vez.

## LISTA DE EQUIPO MÍNIMO (MEL)

*La MMEL proporcionada por el fabricante del fuselaje de la aeronave incluye toda la información de equipamiento y configuración de la aeronave disponible para el modelo al que se aplica. Las compañías aéreas eligen del sistema MMEL el tipo de MEL que prefieren tener debido a las especificaciones, las variantes de peso, las opciones instaladas, las actualizaciones de software y hardware, el estado de Detroit, los motores y la configuración del fuselaje, que posteriormente en la versión de la compañía aérea se convierte en una MEL. La MEL no puede ser menos restrictiva que la MMEL.*

*Las aeronaves están diseñadas con equipos y sistemas altamente fiables con redundancias, pero un fallo puede ocurrir en cualquier momento, y el objetivo de una MEL es conciliar un nivel de aceptación de la seguridad mientras se opera de forma rentable y con equipos inoperativos. El curso MEL forma parte de la biblioteca de la aeronave e incluye la lista de desviación de la configuración (CDL) y la lista de equipos y mobiliario no esenciales (NEF). El curso MEL es un elemento obligatorio para el despacho de cualquier aerolínea.*

*El sistema MEL está diseñado como un documento de alivio, y su único propósito es desalentar la operación de cualquier aeronave con equipo inoperativo. Casi nunca es deseable que una aerolínea despache una aeronave con algún equipo inoperante. Hay algunas MEL que cuando se emiten requieren una gran penalización en la capacidad de transporte de pasajeros y carga. En algunos de estos casos, la aerolínea suele decidir que es mejor mantener la aeronave en tierra y arreglar la discrepancia de la aeronave en lugar de volar la aeronave con tales penalizaciones. El piloto al mando tiene la autoridad para negarse a volar una aeronave con una MEL como la presurización, el aire acondicionado y el mal funcionamiento del sistema antideslizante. La tripulación de vuelo y el despacho también pueden inmovilizar una aeronave si la MEL se ha abierto y cerrado repetidamente y está abierta en el momento de la denegación.*

*El intervalo y la categoría de reparación de la MEL es un tiempo en el que la aeronave es operada hasta que se arregla antes de la expiración de la MEL, o una aeronave se queda en tierra en el último día de la MEL. Una nota para recordar: el día en que se emite la MEL no se cuenta. Por ejemplo, si la MEL se abre el 15 de enero y la reparación es de categoría B, el intervalo de tiempo, que es de 3 días, comenzará el 16 de enero, y expirará el 18 de enero a medianoche. Las categorías de MEL pueden variar de un operador a otro. Hay cuatro categorías MEL:*

1. *La MEL de categoría A es normalmente de 1 a 2 días, a menos que se especifique para dicha MEL que podría ser una MEL de 1 día de vuelo, dependiendo de las restricciones.*
2. *La MEL de categoría B suele ser de 3 días naturales consecutivos.*
3. *Las MEL de categoría C se repararán en un plazo de 10 días.*
4. *Las MEL de categoría D deberán ser sustituidas en 120 días naturales. Esta es una pieza que normalmente se considera para su sustitución.*

## **TARJETAS DE TAREAS**

*Las hojas de ruta elaboradas por el fabricante del fuselaje suelen ser para una sola acción. Estos procedimientos pueden requerir que el mecánico abra los paneles, ponga ciertos interruptores "en" o "fuera", encienda o apague otros equipos, etc., antes del trabajo y que invierta estos procesos al finalizarlo. Gran parte del trabajo realizado en una aerolínea durante un chequeo de la aeronave, sin embargo, implica la combinación de varias tareas que debe realizar el mismo mecánico o la misma tripulación dentro de la misma área o en el mismo equipo. Para evitar la duplicación innecesaria de ciertas acciones, y la apertura y cierre innecesarios de los mismos paneles, etc., la mayoría de las aerolíneas escriben sus propias tarjetas de tareas para detallar exactamente lo que hay que hacer, utilizando las tarjetas del fabricante como guía. Esto elimina la duplicación o el desperdicio de esfuerzos. Algunas compañías aéreas consideran suficiente, o quizás más conveniente, proporcionar a los mecánicos todas las tarjetas de tareas del fabricante para un proyecto de trabajo determinado y permitirles evitar las duplicaciones durante la actividad de trabajo. A menudo habrá una tarjeta de tareas de la compañía aérea adjunta a este paquete de tarjetas con instrucciones especiales para trabajar el grupo de tarjetas. Sea cual sea el enfoque utilizado, la sección de ingeniería es responsable de crear estas tarjetas para garantizar la precisión técnica.*

## **ÓRDENES DE INGENIERÍA (EO)**

*Cualquier trabajo de mantenimiento que no esté contemplado en el plan de mantenimiento estándar desarrollado por ingeniería a partir del informe MRB o de los datos de Ops Specs debe hacerse oficial mediante la emisión de una OE. Se trata de un documento oficial, emitido por ingeniería y aprobado por el departamento de control de calidad, que se suele aplicar a través de la organización de planificación y control de la producción (PP&C). En algunas compañías aéreas, el documento puede llamarse simplemente orden de trabajo. Los detalles de la OE se tratan en el capítulo 8.*

# NORMAS DE LOS DOCUMENTOS ATA

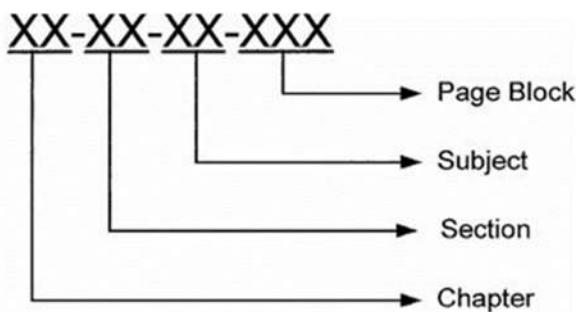
El personal de mantenimiento de línea de la mayoría de las aerolíneas, especialmente los que realizan el mantenimiento por contrato para otras compañías aéreas, tendrán la oportunidad de trabajar en una amplia variedad de aeronaves durante el curso de su turno o semana de trabajo. Dado que los fabricantes de aviones son independientes, cada uno de ellos (en el pasado) tenía su propia manera de hacer las cosas. Esto significaba que sus manuales de mantenimiento eran tan diferentes como sus aviones (o quizás más). Para reducir la confusión en la línea, la ATA intervino y estandarizó el formato general de los manuales de mantenimiento para que los documentos de todos los fabricantes fueran más compatibles. Los códigos de la ATA están diseñados para ayudar a comprender los diferentes sistemas o tipos de sistemas de las aeronaves y sus subsistemas y se les asigna un número de capítulo. La tabla 5-4 muestra la asignación de capítulos según la norma ATA. El ejemplo será el tren de aterrizaje de la aeronave, que consta de tren de aterrizaje, neumáticos, frenos, sistema antideslizante, etc. Cuando los técnicos de mantenimiento de la aeronave realicen cualquier tipo de mantenimiento, como la sustitución de un neumático, tendrán que firmar la discrepancia de mantenimiento como "retirar y sustituir el neumático nº 1", no todo el tren de aterrizaje. La anotación consistirá en el código ATA 32 (sistema de tren de aterrizaje) subsistema 40 (conjunto de rueda y neumático) y 00 al final de la anotación, junto con el TAT y los ciclos de la aeronave. Esto ayudará al personal de registros a entender qué neumático se ha sustituido y en qué momento y a conocer los tiempos y ciclos de la aeronave. Esto también puede ayudar al sistema de análisis y vigilancia continuos (CASS) y al departamento de fiabilidad a realizar un seguimiento de cualquier fallo prematuro y trabajo de garantía.

ATA	Subject	ATA	Subject
5	Time limits, maintenance checks	37	Vacuum
6	Dimensions and access panels	38	Water/waste
7	Lifting and shoring	45	Central maintenance system
8	Leveling and weighing	49	Airborne auxiliary power
9	Towing and taxiing	51	Standard practices and structures—general
10	Parking, mooring, storage, and return to service	52	Doors
11	Placards and markings	53	Fuselage
12	Servicing	54	Nacelles/pylons
20	Standard practices—airframe	55	Stabilizers
21	Air conditioning	56	Windows
22	Auto flight	57	Wings
23	Communications	70	Standard practices—engines
24	Electrical power	71	Power plant (package)
25	Equipment/furnishings	72	Engine (internals)
26	Fire protection	73	Engine fuel control
27	Flight controls	74	Ignition
28	Fuel	75	Air
29	Hydraulic power	76	Engine controls
30	Ice and rain protection	77	Engine indicating
31	Indicating/recording system	78	Exhaust
32	Landing gear	79	Oil
33	Lights	80	Starting
34	Navigation	82	Water injection
35	Oxygen		
36	Pneumatic	91	Charts (miscellaneous)

TABLA 5-4 Números de capítulo de la norma ATA

Estos sistemas de codificación de la ATA son uniformes para todos los modelos y tipos de aeronaves, y todos los fabricantes de aeronaves utilizan el mismo sistema de codificación. Si hay algún sistema de la aeronave que requiera mantenimiento, como el sistema de navegación, un técnico de A&P o de aviónica sabrá que puede encontrar esa información en el capítulo 34 de la ATA del manual de mantenimiento de la aeronave.<sup>5</sup>

Los códigos ATA se desglosan a su vez en tres conjuntos de números de dos dígitos seguidos de un número de tres dígitos. Esto identifica el capítulo, el tema, la sección y el bloque de páginas, respectivamente. La figura 5-2 muestra la estructura del número. Los dos primeros dígitos (capítulo ATA) son los mismos para todos los fabricantes y se utilizan en todo el sistema de manuales de mantenimiento. Los grupos segundo (sección) y tercero (tema) pueden variar de un fabricante a otro y de un modelo de avión a otro del mismo fabricante debido a las diferencias en la estructura de los sistemas a los que se aplican.



Example:

52	Doors
52-11	Passenger Doors
52-11-02	Passenger Door Handle
52-11-02-401	R/I Procedure for Pax Door Handles

Figura 5-2 Formato ATA para manuales de mantenimiento.

El último grupo de dígitos (bloque de páginas) es el mismo para todos los manuales de mantenimiento. Los bloques de páginas se refieren a tipos específicos de información contenidos en el manual de mantenimiento del avión. Por ejemplo, las páginas 001-099 están reservadas para la descripción y el funcionamiento de los sistemas del capítulo. Las páginas 301-399 contienen los procedimientos de desmontaje/instalación de los distintos componentes del sistema o capítulo (véase la Tabla 5-5 para una lista de bloques de páginas).

La ventaja de este sistema es bastante evidente para un mecánico de mantenimiento de línea que trabaja en un Boeing 757, luego en un Douglas MD-80, en un Airbus A320 y luego en un Lockheed L-1011 en el curso de un solo día. Sea cual sea el avión, si un escrito se refiere a un componente del sistema hidráulico

Si la redacción se refiere a un componente del sistema hidráulico, el mecánico sabe que cualquier información del manual de mantenimiento que necesite la encontrará en el capítulo 29 de la ATA. Si hay una discrepancia en las luces de aterrizaje de la aeronave, la ayuda se encontrará en el capítulo 33 de ATA, independientemente de la aeronave. Los siguientes párrafos discuten cada bloque de páginas del AMM.

Block	Title	Description
001-099	Description and operation	Identifies the various operational modes of the system and describes how the system and its essential components work
101-199	Fault isolation	Fault trees used to perform fault isolation for various problems occurring within a system
201-299	Maintenance practices	An R/I procedure followed by a BITE test, a functional test, an adjustment procedure, or servicing instructions
301-399	Servicing	All servicing tasks: check, fill and replacement of oil, hydraulic fluid, water, fuel, etc.
401-499	Removal/installation	Detailed, step-by-step instructions on how to remove a line replaceable unit (LRU) and replace it with a like item
501-599	Adjustment/test	Procedures for making adjustments or performing tests to the systems whenever a component or system has just been replaced or after normal maintenance when such adjustments or tests are required
601-699	Inspection/check	Zonal inspections of aircraft
701-799	Cleaning/painting	Procedures for cleaning and painting of the aircraft
801-899	Approved repairs	Repairs to structure and aircraft skin approved by FAA for airline maintenance organization incorporation

## TABLA 5-5 Asignación de bloques de páginas del Manual de Mantenimiento del Avión

### Descripción y operación (páginas 001-099)

El bloque de página de descripción y operación (D&O) indica lo que hace el sistema identifica los distintos modos de funcionamiento y describe en detalle cómo funcionan el sistema y sus componentes esenciales. Los mecánicos y técnicos a menudo consideran esta parte del manual demasiado detallada para sus necesidades en la línea y en el hangar, pero la información que se proporciona aquí es necesaria para la resolución de problemas serios. El personal de

*mantenimiento necesita comprender la teoría de funcionamiento y los modos de funcionamiento del sistema para poder determinar eficazmente qué es lo que falla en un sistema desviado. El personal de ingeniería necesita estos datos para identificar cambios o mejoras en el programa de mantenimiento, así como para ayudar al mantenimiento a resolver los problemas más difíciles.*

#### **Aislamiento de fallos (páginas 101-199)**

*Este bloque de páginas incluye los árboles de fallos que se utilizan para realizar el aislamiento de fallos de los distintos problemas que se producen en un sistema. Contrariamente a la creencia popular, estos árboles de fallos no encontrarán todos los problemas que puedan surgir en un sistema determinado a lo largo de su vida útil. Estos procedimientos se escribieron para encontrar fallos específicos basados en los efectos de la cabina de vuelo, como luces, mensajes, avisos, etc., que están a disposición de la tripulación durante el vuelo. Estos procedimientos de localización de averías no se escribieron necesariamente para encontrar todos los fallos que pudieran existir en un sistema determinado. Muchos procedimientos han sido modificados a lo largo de los años, debido a los fallos que se producen en el campo y que no fueron concebidos cuando se elaboró originalmente el manual. Pero en el caso de los equipos complejos, suele ser bastante difícil escribir un procedimiento paso a paso o un árbol de fallos para encontrar todos los posibles fallos que pueda tener el sistema. Si fuera posible, el árbol de fallos resultante sería demasiado largo y el procedimiento demasiado complicado para ser útil. (Por eso hemos incluido en este curso un apéndice sobre técnicas de localización de averías).*

#### **Prácticas de mantenimiento (páginas 201-299)**

*El bloque de prácticas de mantenimiento se utiliza siempre que deben realizarse dos o más acciones para completar la actividad de mantenimiento. Por lo general, un procedimiento de 200 páginas será un procedimiento R/I seguido de una prueba BITE, una prueba funcional, o un procedimiento de ajuste o incluso instrucciones de servicio. Si el procedimiento auxiliar es sencillo, se incluye en el bloque de 200 páginas junto con el procedimiento principal para mayor comodidad. Si es demasiado largo o complejo para repetirlo, el procedimiento principal hará referencia al procedimiento auxiliar apropiado por capítulo, sección, tema y bloque de páginas.*

#### **Mantenimiento (páginas 301-399)**

*El bloque de 300 páginas incluye todas las tareas de mantenimiento: llenado y sustitución de aceite, fluido hidráulico, agua y combustible; acciones de lubricación; y la manipulación de residuos, etc. Estos procedimientos incluyen instrucciones paso a paso, así como una lista de los materiales necesarios y sus especificaciones cuando corresponda.*

#### **Desmontaje/instalación (páginas 401-499)**

*Los procedimientos de desmontaje/instalación (R/I) se redactan para proporcionar instrucciones detalladas, paso a paso, sobre cómo desmontar una unidad sustituible en línea (LRU) y sustituirla por otro elemento similar. En el caso de instalaciones sencillas, estas instrucciones no son necesarias para un mecánico o técnico que se precie. Pero otros equipos requieren una secuencia específica de pasos para preparar el desmontaje y, a continuación, retirar los componentes. En muchos casos, deben cumplirse ciertas condiciones antes de la retirada, como sacar los disyuntores, desconectar la energía, el sistema hidráulico, etc. Estas condiciones se abordan en el procedimiento. La instalación requiere una serie de pasos igualmente meticulosos. En algunos casos, deben realizarse procedimientos adicionales, como las pruebas de tierra, después de la instalación. Éstos se identifican y se mencionan en el procedimiento R/I, pero se tratan en los otros bloques de páginas.*

#### **Ajuste/prueba (páginas 501-599)**

*El bloque de páginas 500 contiene los procedimientos para realizar ajustes en los sistemas cuando se acaba de sustituir un componente o sistema (por un R/I) o durante el mantenimiento normal (programado o no programado) cuando se requieren dichos ajustes. Este bloque de páginas también contiene los procedimientos de prueba de funcionamiento utilizados para comprobar un sistema sin equipo de prueba. Se trata de un chequeo relativamente sencillo para verificar el funcionamiento correcto utilizando únicamente lo que hay disponible en la aeronave. El bloque de 500 páginas también contiene los procedimientos de prueba funcional que se utilizan para un chequeo más detallada del sistema. Estas pruebas suelen requerir equipos y/o herramientas de prueba adicionales y pueden implicar la medición de ciertos parámetros del sistema.*

#### **Inspección/chequeo (páginas 601-699)**

*El bloque de las 600 páginas cubre las actividades de inspección por zonas. Cada zona identificada de la aeronave se inspecciona para detectar diversas discrepancias.*

## Limpieza/pintura (páginas 701-799)

El bloque de 700 páginas contiene los procedimientos de lavado, limpieza y pintura de la aeronave. Incluye las especificaciones de los materiales que deben utilizarse.

## Reparaciones aprobadas (páginas 801-899)

El bloque de 800 páginas identifica las reparaciones de la estructura y la piel de la aeronave que han sido aprobadas por la FAA para su realización por parte del operador.

# UNA MIRADA MÁS CERCANA AL TPPM

El propósito del TPPM es identificar todos los aspectos de la organización de mantenimiento e ingeniería. Esto incluiría (a) la identificación del personal clave, las descripciones de sus funciones laborales y sus calificaciones; (b) una definición de la filosofía y los objetivos del operador; (c) planos de distribución y mapas de las instalaciones de mantenimiento, incluidos los talleres, hangares, rampas y otros edificios y áreas significativos relacionados con las actividades de mantenimiento; (d) elementos específicos de acuerdo con la normativa de la FAA, así como elementos, a discreción del operador, que describen, en detalle, cómo se llevarán a cabo las actividades específicas de mantenimiento, inspección y pruebas.

El TPPM es un documento controlado y, por lo tanto, debe ser emitido en distribución limitada sólo a aquellas unidades dentro de la aerolínea que necesitan la información. Algunas aerolíneas proporcionan copias completas a todas las unidades de M&E, mientras que otras proporcionan sólo las partes del manual que se aplican a esa organización. Por ejemplo, la información relativa a las operaciones específicas de la línea de vuelo no necesita estar disponible para el personal del hangar o del taller. Del mismo modo, la información relativa a las responsabilidades de ingeniería no necesita ser distribuida a la línea de vuelo o a las estaciones externas a menos que la información esté directamente relacionada con esas actividades. Sin embargo, todo el documento debe estar disponible en la biblioteca central de mantenimiento (véase el capítulo 10).

El TPPM debe contener una lista de páginas efectivas (LEP), el número de revisión o la identificación de la letra, y las fechas de revisión. También debe incluirse una lista de términos y acrónimos utilizados en el documento. El manual debe prever la distribución al personal de mantenimiento y de tierra. Si el manual tiene más de un volumen, el contenido de todos los volúmenes debe figurar en cada uno de ellos.

Estas directrices se han basado en la información contenida en el Manual del Inspector de Aeronavegabilidad de la FAA, que define el contenido mínimo del manual. Sin embargo, debe considerarse la inclusión de políticas y procedimientos internos adicionales que proporcionen instrucciones completas al personal de mantenimiento e ingeniería sobre el desempeño de sus funciones y responsabilidades.

Este manual es una herramienta administrativa utilizada para controlar y dirigir las actividades del personal de mantenimiento. Debe definir todos los aspectos de la operación de mantenimiento. El manual debe incluir instrucciones detalladas o referencias específicas para llevar a cabo las funciones de inspección y mantenimiento. También debe incluir formularios, instrucciones y referencias para requisitos recurrentes y no rutinarios, como cambios de motor, y sucesos anormales como aterrizajes bruscos, impactos de rayos, choques con aves, etc.

El manual debe permitir al personal de mantenimiento y revisión del operador asegurar la aeronavegabilidad de los aviones. La complejidad del manual varía según la complejidad de la operación. El manual debe describir las áreas de aplicación de los manuales técnicos del fabricante. Dado que este manual es la biblia de la unidad, también debe utilizarse ampliamente en las actividades de formación de mantenimiento de la aerolínea. La Tabla 5-6 muestra el esquema del TPPM para una típica aerolínea de tamaño medio. Otras aerolíneas pueden estar organizadas de manera diferente y por lo tanto tendrían un esquema de manual diferente.

## TABLA 5-6 MANUAL DE POLÍTICAS Y PROCEDIMIENTOS TÉCNICOS (TPPM)

### GENERALIDADES

- ❖ Sistema de control manual Organización del TPPM Administración
- ❖ Organigrama Personal clave
- ❖ Especificaciones de las operaciones Mapas de los lugares clave Listado de manuales aprobados
- ❖ Glosario de términos

## **GARANTÍA Y CONTROL DE CALIDAD**

- ❖ *Organización*
- ❖ *Enlace con la autoridad reguladora Métodos y normas de inspección Liberación de la aeronavegabilidad*
- ❖ *Elementos de inspección requeridos (RII)*
- ❖ *Inspecciones especiales*
- ❖ *Inspecciones de repuestos y materiales Calibración de herramientas y equipos de prueba*
- ❖ *Programa de análisis y vigilancia continuos*
- ❖ *Auditorías de garantía de calidad Programa de análisis de fiabilidad*
- ❖ *Programa de escalado de tiempo a corto plazo Pruebas, transbordos y vuelos especiales*
- ❖ *Sistema de registro de M&E*

## **INGENIERÍA**

- ❖ *Organización Directivas de aeronavegabilidad*
- ❖ *Boletines de servicio/ cartas de servicio Órdenes de ingeniería*
- ❖ *Campañas de flota*
- ❖ *Desarrollo de listas de equipo mínimo (MEL)*
- ❖ *Listas de desviación de configuración (CDL) Desarrollo*
- ❖ *Desarrollo del programa de mantenimiento*
- ❖ *Programa de control de peso y equilibrio*
- ❖ *Publicaciones/biblioteca técnica*

## **PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN**

- ❖ *Organización de las rutas de los aviones†*
- ❖ *Previsión de la producción Desarrollo de la hoja de ruta Planificación del mantenimiento*
- ❖ *Planificación de la mano de obra*
- ❖ *Planificación de materiales Planificación de instalaciones*
- ❖ *Programación y control de la producción En el avión*
- ❖ *Programación y control de la producción Tiendas*
- ❖ *Medición del rendimiento Presupuestación y control de costes*

## **MANTENIMIENTO DE AVIONES**

- ❖ *Organización*
- ❖ *Acuerdos de mantenimiento aprobados*
- ❖ *Acuerdos contractuales para el mantenimiento Libros de registro de los aviones*
- ❖ *Liberación de la aeronavegabilidad*
- ❖ *Mantenimiento no rutinario MEL, DDG y CDL*
- ❖ *Uso*
- ❖ *Mantenimiento diferido*
- ❖ *Procedimientos de autorización*
- ❖ *Sistema de repetición de discrepancias mecánicas Robo de repuestos*
- ❖ *Centro de control de mantenimiento (MCC)*
- ❖ *Prácticas estándar de mantenimiento*

## **REPARACIÓN Y REVISIÓN EN EL TALLER**

- ❖ *Organización*
- ❖ *Acuerdos contractuales Liberación del mantenimiento*
- ❖ *Control de la reparación/revisión de componentes Prácticas estándar del taller*
- ❖ *Registros del taller*

## **HERRAMIENTAS, EQUIPOS E INSTALACIONES**

- ❖ *Organización equipo motorizado*

- ❖ *Almacenamiento y manipulación del combustible*
- ❖ *Mantenimiento de las instalaciones*
- ❖ *Herramientas y equipos de prueba*

## FORMACIÓN DE MANTENIMIENTO E INSPECTORES

- ❖ *Organización*
- ❖ *Política general*
- ❖ *Licencias del personal*
- ❖ *Requisitos básicos de formación*
- ❖ *Categorías de formación y cursos*
- ❖ *Formación inicial*
- ❖ *Formación recurrente*
- ❖ *Formación de contratistas*
- ❖ *Registros de formación*

## GESTIÓN DEL MATERIAL

- ❖ *Organización*
- ❖ *Sistema de numeración de existencias*
- ❖ *Capacidad de servicio de los repuestos de la aeronave*
- ❖ *Envío y recepción*
- ❖ *Sistema de seguimiento de los repuestos rotativos/reparables*
- ❖ *Almacenamiento de repuestos y suministros*
- ❖ *Almacenes satélites*
- ❖ *Compras*
- ❖ *Control de inventarios*
- ❖ *Puesta en común de repuestos/préstamo de repuestos*
- ❖ *Control del préstamo de repuestos*
- ❖ *Control de reclamaciones de garantía*
- ❖ *Reparación externa de artículos rotables/reparables*

## PROGRAMA DE SEGURIDAD

- ❖ *Política de organización*
- ❖ *Procedimientos de seguridad*
- ❖ *Notificación de accidentes/incidentes*

## FORMULARIOS DE MANTENIMIENTO

- ❖ *Política*
- ❖ *Responsabilidad*
- ❖ *Instrucciones de preparación y distribución*

# CAPÍTULO 6

## REQUISITOS PARA UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

Los cinco objetivos de un programa de mantenimiento se discutieron en el capítulo 3. En este capítulo, comenzaremos a esbozar un programa de mantenimiento que abordará estos cinco objetivos de mantenimiento. Existen ciertos requisitos reglamentarios que cada aerolínea debe cumplir y ciertas actividades adicionales de mantenimiento necesarias que las aerolíneas deben tener para llevar a cabo los requisitos de su programa de mantenimiento aprobado. Las aeronaves y los sistemas de las mismas son sofisticados, con kilómetros de cables que hay que perseguir, válvulas electromecánicas, sistemas del fuselaje, motores, unidades de potencia auxiliares, sistemas hidráulicos y sistemas de navegación, todo lo cual requiere un técnico profesional bien formado con conocimientos de los sistemas de las aeronaves, experiencia y una

gran capacidad mecánica para corregir cualquier tipo de discrepancia de acuerdo con el programa de mantenimiento aprobado. Estas tareas mecánicas y los programas de mantenimiento requieren una supervisión y un control para asegurarse de que las aerolíneas y los operadores de aeronaves los llevan a cabo de forma eficaz.

La FAA ha esbozado el programa de mantenimiento de la aviación en la circular consultiva AC 120-16E. En primer lugar, hablaremos de los requisitos de la FAA. A continuación, se discutirán los requisitos adicionales. Éstos se combinarán en el Capítulo 7 en un organigrama de mantenimiento e ingeniería de aeronaves viable.

## ESQUEMA DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE AERONAVES (AC 120-16E)

El AC 120-16E es el tipo de información que proporciona la FAA a la comunidad de la aviación. La FAA requiere que cada aerolínea comercial tenga un documento de especificaciones de operaciones (Ops Specs) que autorice el programa de mantenimiento, los manuales de mantenimiento requeridos por las regulaciones de la FAA, y su equipo operacional como aerolínea comercial. El requisito de AC está bajo el Título 14 del Código de Regulaciones Federales (14 CFR), parte 119, operación comercial de la compañía aérea bajo 14 CFR partes 121 y 135. Este AC también se aplica a cada persona empleada o comprometida con el mantenimiento de la compañía aérea, el mantenimiento preventivo o la alteración de sus aviones.

El Ops Specs también describe la responsabilidad de la aerolínea de realizar todo el mantenimiento y las alteraciones aprobadas, ya sea que el trabajo sea realizado por la aerolínea o por su contratista (estación de reparación), sin embargo, la carga principal de la responsabilidad de la tarea de mantenimiento y su aprobación es llevada a cabo por el proveedor de mantenimiento, quien es responsable de asegurar que cada aeronave puesta en servicio sea aeronavegable y segura. La FAA considera que sus orientaciones pueden servir para evitar cualquier accidente o percance futuro.

El siguiente es un ejemplo de un AC 120-16E de mantenimiento. Describe el alcance y el contenido del programa de mantenimiento de una aerolínea. Explica los antecedentes de estos programas, así como los requisitos reglamentarios de la FAA.

El AC 120-16E de la FAA describe los elementos que se enumeran a continuación:

1. Responsabilidad de la aeronavegabilidad
2. Manual de mantenimiento de la compañía aérea
3. Organización de mantenimiento de la compañía aérea
4. Sistema de registro de mantenimiento
5. Realización y aprobación del mantenimiento y las alteraciones
6. Calendario de mantenimiento
7. Elementos de inspección requeridos (RII)
8. Mantenimiento por contrato
9. Formación del personal
10. Sistema de análisis y vigilancia continuos (CASS)

El Reglamento Federal de Aviación (FAR) 121.373 requiere que cada operador tenga un esfuerzo de "análisis y vigilancia continuos" para asegurar que los programas de mantenimiento e inspección de la aerolínea sean efectivos. En el pasado, este requisito, según toda interpretación razonable, establecía un programa de auditoría interna, usualmente llamado garantía de calidad o QA, y un programa de confiabilidad, que es similar al proceso de monitoreo de condiciones discutido anteriormente en el Cap. 2. Juntos, constituyan un programa de análisis y vigilancia continuos (CASP) para satisfacer el requisito de la FAR. Sin embargo, la reciente revisión del AC 120-16E incorporó un CASS como parte del programa de mantenimiento básico. Otros requisitos importantes de la FAA están relacionados con el mantenimiento de registros y se describen en FAR

121.380 (requisitos de registro de mantenimiento), FAR 121.380a (transferencia de registros de mantenimiento), FAR 43.2 (registros de revisión y reconstrucción) y FAR 43.9 y 43.11 (contenido, forma y disposición de los registros...). También se han incorporado a la circular consultiva revisada. Estos 10 puntos del AC 120-16E se tratarán individualmente a continuación.

## RESPONSABILIDAD DE LA AERONAVEGABILIDAD

Según la normativa de la FAA, una compañía u operador aéreo es responsable de todo el mantenimiento y las alteraciones de las aeronaves de dicha compañía. La aerolínea debe tener especificaciones de operaciones para cada modelo de aeronave volado y debe adherirse al programa de mantenimiento aprobado por la FAA que las especificaciones de operaciones identifican. Este programa puede modificarse si la aerolínea puede demostrar, mediante datos y registros, que el cambio está justificado. La FAA debe aprobar los cambios. La aerolínea también debe seguir sus propias políticas y procedimientos, así como los de la autoridad reguladora, para llevar a cabo el programa de mantenimiento e inspección. En algunos casos, una aerolínea puede encargar a otra compañía aérea o a una organización de mantenimiento de terceros la realización de una parte o incluso la totalidad del mantenimiento bajo contrato. Sin embargo, la aerolínea operadora es responsable de garantizar que cualquier trabajo realizado para ella por estos contratistas externos se realice según el programa, las normas y los requisitos de mantenimiento de la propia aerolínea, y requisitos, y de acuerdo con los requisitos de la autoridad reguladora de la aerolínea, independientemente de los requisitos que rigen la organización contratada. En resumen, la compañía aérea (es decir, el titular del certificado de explotación) es responsable de mantener su propia aeronave en condiciones de aeronavegabilidad, independientemente de quién realice el trabajo.

## MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LA COMPAÑÍA AÉREA

El fabricante del fuselaje y los vendedores de los equipos instalados en la aeronave proporcionan los manuales de mantenimiento de los equipos. Sin embargo, los manuales de mantenimiento exigidos por el AC 120-16E son el sistema de manuales de la compañía aérea y una ampliación de los manuales del fabricante. Aunque el AC especifica cómo mantener y revisar, también identifica, describe y define los manuales y ofrece procedimientos detallados para realizar estas tareas. Los manuales de mantenimiento tratados en el CA implican otras áreas de interés, como las políticas y procedimientos de administración, la gestión y realización de la administración, la auditoría y la inspección del programa de mantenimiento.

El AC también proporciona una referencia en caso de que se produzca un evento de vuelo, como maniobras extremas de turbulencia severa, y eventos en tierra como el aterrizaje duro y el aterrizaje con sobrepeso, y los tipos de procesos de inspección y mantenimiento que deben realizarse después de estos eventos. El manual de mantenimiento es la expresión principal e integral de cómo se realizará el mantenimiento y cómo se supervisará y mejorará el programa de mantenimiento de la compañía aérea. Hemos hablado de los manuales en el capítulo 5. El TPPM (GMM o MOE) redactado por la compañía aérea debe cumplir este requisito.

## ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO DE LA COMPAÑÍA AÉREA

La FAA establece que una aerolínea debe tener una organización de mantenimiento "que sea capaz de realizar, supervisar, gestionar y modificar su programa, gestionar y guiar a su personal de mantenimiento, y proporcionar la dirección necesaria para los elementos esenciales de esta organización, tal y como se indica en el AC, se resumen de la siguiente manera:

1. Un director de mantenimiento (DOM). Es responsable de la actividad general de mantenimiento. Debe estar en posesión de la habilitación A&P de la FAA.
2. Un inspector jefe. Responsable de todas las funciones de RII (para el operador de la parte 121).
3. Funciones y responsabilidades de la dirección y sus funciones actuales como centro de mantenimiento, incluyendo sus nombres.
4. Una organización o proceso para desarrollar y actualizar los manuales de mantenimiento que describa todos los aspectos del programa de mantenimiento.
5. Procedimientos para garantizar que todas las aeronaves puestas en servicio después del mantenimiento sean aptas para el vuelo y se mantengan adecuadamente con el mayor grado de seguridad posible.
6. El personal de gestión está cualificado y tiene suficiente experiencia y conocimientos para delegar, gestionar y controlar eficazmente el programa de mantenimiento sin ninguna confusión.
7. La función de inspección de RII, parte integrante del mantenimiento, debe estar separada de otras funciones de inspección rutinaria y de mantenimiento diario.
8. Actividades de supervisión y gestión para garantizar que todas las funciones de mantenimiento se realicen de acuerdo con el esfuerzo de la dirección para garantizar que el programa de mantenimiento siga siendo eficaz.

## REGISTRO DE MANTENIMIENTO

*Las aeronaves comerciales se entregan al operador con un certificado de aeronavegabilidad estándar de EE.UU. que muestra que la aeronave se construyó según las normas del certificado de tipo y está en condiciones de aeronavegabilidad en el momento de la entrega. Es responsabilidad de la compañía aérea mantener la aeronave en condiciones de aeronavegabilidad. Para garantizar que esto se cumpla, la FAA requiere que el operador mantenga registros precisos de las actividades de mantenimiento y alteración. El hecho de no realizar y mantener registros precisos puede someter al operador a multas considerables o a penas de prisión. Se requieren dos tipos de registros: información resumida e información sobre el estado de aeronavegabilidad.*

*Para llevar a cabo un programa con éxito, también es necesario mantener otros registros, en diversas formas. Uno de ellos es el curso de mantenimiento. Este curso se mantiene en la aeronave e incluye la información relativa a cada tramo del vuelo y comprende los tiempos de vuelo, las subidas de combustible y aceite, los datos de la tripulación, etc. También proporciona un lugar para que las tripulaciones de vuelo identifiquen cualquier problema relacionado con el mantenimiento que encuentren durante el vuelo. El formulario incluye un espacio para que el mecánico identifique la acción correctiva tomada y libere la aeronave para el servicio.*

*Otros registros deben mantenerse en forma de informes para ciertos tipos de problemas de mantenimiento. Entre ellos se encuentran el informe de fiabilidad mecánica (MRR), el resumen de interrupción mecánica (MIS) y los informes de alteraciones y reparaciones importantes.*

## **REALIZACIÓN Y APROBACIÓN DEL MANTENIMIENTO Y LAS ALTERACIONES**

*El programa de mantenimiento de la aerolínea, como entidad, está autorizado a realizar el mantenimiento de sus aeronaves. El programa de mantenimiento debe incluir instrucciones para realizar el mantenimiento de la aeronave, así como el mantenimiento específico de los motores, hélices, repuestos y aparatos. Esto incluirá el mantenimiento programado y no programado. El mantenimiento programado consiste en tareas realizadas de acuerdo con las limitaciones de tiempo de mantenimiento, incluyendo las revisiones de inspección requeridas. El mantenimiento no programado debe seguir procedimientos, instrucciones y normas para el mantenimiento que se produce de forma imprevista. Al realizar el mantenimiento no programado debe seguirse un procedimiento exhaustivo. El mantenimiento programado y no programado implica tanto a la aeronave como fuera de ella (a nivel de taller).*

*Las compañías aéreas también deben abordar las reparaciones y alteraciones importantes que realicen con los datos técnicos aprobados por la FAA. Aunque no existe una lista para las estructuras de material compuesto, las compañías aéreas pueden utilizar sus manuales para evaluar las reparaciones o alteraciones de las estructuras de las aeronaves de material compuesto en función de cada caso. Las estructuras de las aeronaves se dividen en primarias o secundarias. Se anima a las compañías aéreas a abordar el envejecimiento de las aeronaves y los problemas de corrosión.*

*El proceso de RII está muy implicado cuando se realizan modificaciones, reparaciones importantes o alteraciones en la aeronave y sus componentes. Debe haber un RII designado. La FAA lo define como "aquellos elementos que podrían dar lugar a un funcionamiento inseguro de la aeronave si el mantenimiento no se realiza correctamente o si se utilizan repuestos inadecuadas".<sup>2</sup> Estos RII aparecen en todos los elementos del programa de mantenimiento del operador y reciben la misma consideración independientemente de cuándo o dónde se produzcan. La FAA no especifica lo que debe figurar en la lista de RII de un operador, pero sí exige a la compañía aérea que identifique sus propios elementos exclusivos y que señale por escrito los nombres del personal cualificado y autorizado para realizar esas inspecciones.*

## **PROGRAMA DE MANTENIMIENTO**

*La FAA exige a las aerolíneas que tengan limitaciones de tiempo de mantenimiento o un programa de mantenimiento que identifique qué mantenimiento se hará, cómo se hará y cuándo o con qué frecuencia se hará. Esta normativa es lo suficientemente amplia como para permitir a las aerolíneas adaptar y organizar todas estas tareas de mantenimiento individuales en una serie de paquetes de trabajo programados. Normalmente, las aerolíneas reciben los programas de tareas de mantenimiento de los fabricantes de fuselajes que se identifican en el informe de la junta de revisión de mantenimiento (MRB), un documento aprobado por la FAA. La información y las tareas adicionales relacionadas con el mantenimiento también pueden figurar en otros documentos del fabricante, como el documento de datos de planificación del mantenimiento (MPD) (Airbus o Boeing). Las tareas de mantenimiento se dividen en grupos basados en los intervalos sugeridos: horas de vuelo, ciclos de vuelo o elementos del calendario. Los chequeos de mantenimiento pueden hacerse a diario, después de cada vuelo, o durante un periodo específico de funcionamiento, como cada 200 o 300 horas de vuelo, o cada 100 ciclos.*

*Sin embargo, los documentos del fabricante son sólo directrices. Cada operador es diferente: la configuración del avión, las condiciones operativas y ambientales, incluso la calidad y el alcance de las operaciones y el mantenimiento difieren de una compañía aérea a otra. Por estas razones, los*

*Por estas razones, los requisitos del programa de mantenimiento y el calendario de cuándo deben realizarse las tareas variarán de una aerolínea a otra. Es responsabilidad de la aerolínea ajustar los calendarios iniciales del MRB para cumplir con las necesidades de la aerolínea. Estos paquetes de trabajo fueron discutidos en el Capítulo 2.*

## **ELEMENTOS DE INSPECCIÓN REQUERIDOS (RII)**

*Las FAR 121.369(b) y 135.427(b) requieren que las aerolíneas designen tareas de mantenimiento como requeridas y consideradas necesarias para RII. Los elementos RII están directamente relacionados con la seguridad del vuelo y la aeronavegabilidad y, si no se realizan correctamente según los manuales de las aerolíneas, podrían poner en peligro la seguridad del vuelo debido a tareas de mantenimiento mal realizadas, fallos de los repuestos o mal funcionamiento del sistema. Las funciones de los elementos RII están relacionadas con elementos programados y no programados, que pueden surgir en cualquier momento durante el mantenimiento de la línea o las operaciones en el hangar.*

*Los manuales de las aerolíneas deben estar diseñados para identificar los procedimientos RII y la autorización RII dentro de la organización de la aerolínea. La aerolínea debe identificar el requisito de RII en los formularios de trabajo, tarjetas de trabajo y órdenes de ingeniería (EO). Los inspectores de RII deben estar formados en los elementos de inspección, y pueden ejercer su autoridad para aceptar o rechazar cualquier elemento que requiera un RII.*

## **MANTENIMIENTO POR CONTRATO**

*Aunque una compañía aérea es responsable de todo el mantenimiento de sus aviones, no realiza todo el mantenimiento por sí misma. Muy a menudo, una parte o la totalidad del mantenimiento puede realizarse bajo contrato con alguna otra aerolínea, estación de reparación o una organización de mantenimiento de terceros. El mantenimiento por contrato puede realizarse de forma regular, como suele ser el caso, pero hay casos en los que la aeronave necesita un servicio en un lugar donde la aerolínea no tiene actividades de mantenimiento propias. En estos casos, la aerolínea firmará un contrato temporal, a corto plazo o permanente con una organización de reparación.*

*Antes de suscribir cualquier tipo de contrato, la aerolínea debe determinar que el proveedor de mantenimiento contratado cumple con los requisitos de la parte 121, y/o la parte 135 como se indica en el AC 120-16E. Estos requisitos se demuestran mediante una auditoría *in situ*, la inspección de las instalaciones y los equipos, y el hecho de que el proveedor de servicios cuente con personal competente para realizar las tareas necesarias, tal y como indican las políticas de mantenimiento de la aerolínea. Las aerolíneas deben realizar muestras de auditoría aleatorias para determinar los factores de riesgo que demuestren que el trabajo realizado es satisfactorio. Es responsabilidad de la aerolínea hacer estos arreglos para garantizar que el trabajo se realiza correctamente, de acuerdo con el programa y los procedimientos propios de la aerolínea, y las acciones de mantenimiento deben estar debidamente firmadas y documentadas.*

*La aerolínea es responsable de proporcionar a estos contratistas de mantenimiento externos una formación adecuada sobre las políticas y procedimientos de la aerolínea para mostrar una autoridad, responsabilidad y dirección claras, y para garantizar que este personal de mantenimiento externo tenga las habilidades, instalaciones y conocimientos de los manuales de mantenimiento de la aerolínea para realizar el trabajo requerido.*

## **FORMACIÓN DEL PERSONAL**

*Las FAR son bastante breves a la hora de establecer los requisitos de formación de la aerolínea para el mantenimiento de la aviación. La subparte L de la Parte 121 de las FAR establece, en parte, que las aerolíneas deben "contar con un programa de formación para garantizar que cada persona (incluido el personal de inspección) que determine la idoneidad del trabajo realizado para usted esté plenamente informada sobre los procedimientos y técnicas y los nuevos equipos en uso y sea competente para desempeñar sus funciones".<sup>3</sup>*

*El AC 120-16E proporciona más información. Cuando se contrata a un AMT, éste debe pasar por una formación inicial, que normalmente incluye el adoctrinamiento o la orientación de la compañía a los departamentos de mantenimiento, las políticas y los procedimientos, un curso sobre los sistemas de la aeronave, el equipo de tierra y la formación sobre*

materiales peligrosos. Las aerolíneas deben validar las habilidades del AMT utilizando métodos de prueba adecuados para garantizar que es capaz de realizar las tareas de mantenimiento. Las aerolíneas también están obligadas a proporcionar formación recurrente, formación especializada que se centra en el proceso de inspección de RII, boroscopio, y pruebas no destructivas o el aparejo de los controles de vuelo de la aeronave. Esta formación se imparte para mantener su nivel de competencia. Los requisitos de formación de las aerolíneas también implican que cualquier cambio en los equipos, procedimientos o reglamentos, debe ser abordado por la organización de formación de la aerolínea para garantizar que los AMT estén al día en todos los aspectos de su trabajo.

## SISTEMA DE ANÁLISIS Y VIGILANCIA CONTINUOS

En las FAR 121.373 y 135.431, análisis y vigilancia continuos, la FAA indica la necesidad de supervisar la actividad de la aerolínea para garantizar que los programas de inspección, mantenimiento, mantenimiento preventivo y alteración indicados en Ops Spec son eficaces. Muchos operadores interpretan que esto significa el establecimiento de un programa de garantía de calidad y un programa de fiabilidad. La Circular Consultiva AC 120-79A de la FAA aborda el tema del desarrollo e implementación de un CASS de la compañía aérea. Se resume en la AC 120-16E como parte del programa de mantenimiento sugerido para las aerolíneas.

Esencialmente, el CASS es un programa para detectar y corregir las deficiencias en la eficacia y el rendimiento del programa de mantenimiento mediante la vigilancia, el análisis y la acción correctiva. Examina las posibles áreas problemáticas, determina la acción correctiva necesaria y hace un seguimiento de la actividad posterior para determinar la eficacia de la corrección. Esto se consigue mediante la recopilación y el análisis de datos y la supervisión de todas las actividades de la función de mantenimiento de las aerolíneas, sus proveedores y sus contratistas.

Dado que el programa CASS es un esfuerzo y un sistema coordinado que incluye varios otros departamentos, cada uno de ellos realiza una función CASS y es responsable de actualizar las políticas, los procedimientos y las directrices según lo considere oportuno. Estos departamentos pueden incluir el control de calidad (QC), la garantía de calidad (QA) y la fiabilidad del mantenimiento. El sistema CASS requiere auditorías y análisis de su eficacia en la identificación de deficiencias, ciclos continuos de vigilancia, gestión de la seguridad, gestión de riesgos, análisis de investigación, acciones correctivas y seguimiento.

Las auditorías de las tendencias de los datos del CASS y su análisis garantizan la eficacia de las operaciones de mantenimiento de la aerolínea, lo que deja poco margen para los errores de mantenimiento y los errores humanos. Los planes de acción correctiva eficaces y su incorporación a la auditoría de mantenimiento reducirán los riesgos de seguridad y mejorarán la gestión de riesgos. Esto también requiere que la dirección, los técnicos de mantenimiento de las aeronaves y todos los que participan en las operaciones diarias de mantenimiento de las aeronaves hagan que este programa funcione. Hay ocasiones en las que las aerolíneas o compañías aéreas deben "autodeclarar" cualquier hallazgo a la FAA para obtener clemencia antes de que se convierta en una catástrofe. La Circular Consultiva AC 00-58A de la FAA describe el programa relativo a la autodeclaración o a la declaración voluntaria. Estas autodeclaraciones o revelaciones voluntarias bien pueden aplicarse al mantenimiento de aeronaves, a las operaciones de vuelo de aeronaves y a los programas de uso indebido de drogas y alcohol. Este AC o su programa no es aplicable al mantenimiento de aeronaves que informa de fallos, mal funcionamiento y defectos bajo el código de regulación federal, 14 CFR. parte 21. La FAA también ha desarrollado un programa con su enfoque de asociación con el personal de mantenimiento de aeronaves y los operadores de líneas aéreas para mejorar la seguridad de las aeronaves. Esta asociación se conoce como Aviación Safety Action Partnership (ASAP). Esto también implica la fiabilidad del mantenimiento de las aeronaves, la formación en mantenimiento de las aeronaves y las operaciones de vuelo.

## RESUMEN DE LOS REQUISITOS DE LA FAA

Los objetivos de un programa de mantenimiento de una aerolínea se establecieron en el Cap. 3 de la siguiente manera:

1. Garantizar la realización de los niveles de seguridad y fiabilidad inherentes a los equipos
2. Restablecer la seguridad y la fiabilidad a sus niveles inherentes cuando se haya producido un deterioro
3. Obtener la información necesaria para ajustar y optimizar el programa de mantenimiento cuando no se cumplan estos niveles inherentes
4. Obtener la información necesaria para la mejora del diseño de aquellos elementos cuya fiabilidad inherente resulte inadecuada
5. Cumplir estos objetivos con un coste total mínimo, incluyendo el coste del mantenimiento y el coste de los fallos residuales.

Para cumplir estos objetivos, una organización debe realizar determinadas tareas de mantenimiento programado (objetivo 1) para mantener la capacidad de los equipos. Las tareas no programadas se realizan siempre que el equipo se ha deteriorado por debajo de los estándares aceptables o ha fallado completamente (objetivo 2). El objetivo 3 requiere que el operador disponga de algún tipo de programa de recogida de datos para supervisar los niveles de fiabilidad del equipo e investigar las áreas problemáticas para mejorar el programa de mantenimiento cuando proceda. El objetivo 3 también puede abordar las deficiencias en los aspectos administrativos y de gestión del programa de mantenimiento. El objetivo 4 requiere que el operador inicie una acción para efectuar un rediseño si no se pueden cumplir los estándares de fiabilidad y esta deficiencia no se atribuye al programa de mantenimiento del operador. El objetivo 5 indica que el programa de mantenimiento debe ser un activo directo para la organización, en el sentido de que el operador no pierda tiempo, dinero o mano de obra realizando un mantenimiento innecesario o ineficaz, sino que realice únicamente el mantenimiento necesario y lo haga en el momento oportuno.

Para lograr los objetivos anteriores, deben ponerse en marcha los programas y procesos requeridos por la FAA, tal como se ha descrito anteriormente. Se desarrolla un programa de mantenimiento eficaz para los equipos y sistemas basado en el mejor conocimiento y capacidad de los representantes de los fabricantes y de la industria. Este programa de mantenimiento es empleado por el operador en un esfuerzo por mantener el equipo en las mejores condiciones de funcionamiento. Mediante la recogida y el análisis de los datos de rendimiento durante el funcionamiento real, y a través del seguimiento de los efectos del mantenimiento en el propio entorno del operador, el programa de mantenimiento se puede ajustar y modificar, según sea necesario, para optimizar todo el conjunto de procesos. El resultado es un programa de mantenimiento optimizado que no sólo satisface el objetivo 5, sino que también permite al operador cumplir los objetivos 1, 2, 3 y 4.

## REQUISITOS ADICIONALES DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

Además de los elementos del programa de mantenimiento descritos en las secciones anteriores, hay una serie de otras actividades necesarias para llevar a cabo un programa eficaz de mantenimiento e ingeniería. La estructura básica de la organización discutida aquí puede no ser adecuada para todas las organizaciones de mantenimiento. Algunas organizaciones pueden necesitar ampliar o combinar actividades, por necesidad, según lo dicte el tamaño de la operación específica. Lo importante es recordar que, independientemente de la disposición organizativa, estas funciones son necesarias para llevar a cabo un programa de mantenimiento e ingeniería eficaz y eficiente. Estas actividades adicionales y sus organizaciones ejecutoras se denominan generalmente ingeniería, material, planificación, control de mantenimiento, formación, informática y publicaciones. En las secciones siguientes se hablará de cada una de ellas.

### INGENIERÍA

El objetivo principal de la sección de ingeniería de la organización de mantenimiento es establecer el programa de mantenimiento inicial a partir del manual de mantenimiento del fabricante y otros documentos y actualizar continuamente el programa a lo largo del tiempo. El departamento de ingeniería también proporcionará asistencia técnica en la resolución de problemas de los equipos; desarrollará procesos y procedimientos de mantenimiento viables cuando sea necesario; revisará los boletines de servicio del fabricante y otros consejos, cambios o sugerencias de mantenimiento; y proporcionará conocimientos de ingeniería a la empresa o a sus consultores contratados para diseñar y modificar las instalaciones de mantenimiento (es decir, hangares, taller, rampas, etc.).

### MATERIAL

La función de la sección de material es proporcionar a la organización de mantenimiento las repuestos y suministros necesarios para llevar a cabo las actividades de mantenimiento. Esto incluye la compra y el almacenamiento de los repuestos de repuesto, los suministros y las herramientas necesarias para las actividades de mantenimiento; la entrega de repuestos a los mecánicos según sea necesario; la gestión de las reclamaciones de garantía de los repuestos, los equipos y las herramientas; y la transmisión de los componentes reparables al taller o al proveedor adecuados para su reparación.

### PLANIFICACIÓN

La sección de planificación es responsable de planificar todas las actividades de mantenimiento programadas, incluyendo la mano de obra, las instalaciones y los suministros necesarios para estas actividades. La planificación también recoge datos sobre el tiempo, la mano de obra y las instalaciones realmente utilizadas en la realización del mantenimiento para reajustar con precisión estos requisitos para utilizarlos en las actividades posteriores de planificación del mantenimiento.

## **CENTRO DE CONTROL DE MANTENIMIENTO**

*El centro de control de mantenimiento (MCC), a veces llamado centro de control de operaciones de mantenimiento (MOCC), es el centro neurálgico de la organización de mantenimiento de línea; es responsable de llevar la cuenta de todos los vehículos en funcionamiento. La ubicación de los vehículos, las necesidades de mantenimiento y servicio, y otros requisitos son supervisados por el MCC durante la fase operativa de la actividad a través del teléfono, la radio, el facsímil y cualquier otro medio de comunicación disponible. El MCC realiza un seguimiento de los vehículos y se coordina con las unidades clave a lo largo de las operaciones, el mantenimiento y las actividades de ingeniería para que el mantenimiento, cuando sea necesario, pueda coordinarse y acelerarse para minimizar los retrasos y el tiempo de inactividad. El MCC localiza y envía al personal necesario dentro de la empresa que puede proporcionar cualquier asistencia de mantenimiento, solución de problemas o repuestos que se necesite para apoyar la fase operativa de la actividad. Las cuadrillas de mantenimiento de las estaciones exteriores pueden coordinar las acciones de mantenimiento, el préstamo o la compra de repuestos a nivel local, e incluso la contratación de personal de mantenimiento temporal de terceros a través del MCC de la base de operaciones.*

## **FORMACIÓN**

*La formación en mantenimiento es un proceso continuo. Aunque los mecánicos de mantenimiento reciben una formación inicial a través de ciertas escuelas de formación formal para poder acceder al trabajo, se requiere una formación continua para mantenerlos al día, para refrescar sus habilidades cuando sea necesario, y para desarrollar nuevas habilidades y aprender nuevos procesos y procedimientos a medida que éstos se desarrollan. La sección de formación puede formar parte de la organización de mantenimiento e ingeniería o puede formar parte del programa general de formación de la aerolínea que también cubre los requisitos de formación no relacionados con el mantenimiento. Si se utiliza una unidad de formación centralizada, mantenimiento e ingeniería deben designar a uno de sus propios gerentes como punto focal de formación para que se satisfagan las necesidades de M&E. La sección de formación lleva un registro de la formación recibida por todo el personal. La sección de formación también es responsable de formar a los ingenieros, supervisores, gerentes e inspectores, según sea necesario, para que puedan desempeñar sus respectivas funciones dentro de la operación de mantenimiento e ingeniería de la empresa.*

## **INFORMÁTICA**

*La sección de informática proporciona el equipo, el software, la formación y el apoyo para todas las actividades informáticas dentro de la organización de mantenimiento e ingeniería. En algunas compañías aéreas, esta sección puede estar incluida en la organización informática de la empresa. Sin embargo, se recomienda que el apoyo informático para el mantenimiento cuente con personal dedicado y que trabaje estrechamente con la organización de mantenimiento e ingeniería, si no directamente para ella. Existen varios programas informáticos disponibles para las actividades de mantenimiento, que incluyen módulos para la recopilación de datos sobre averías; para el seguimiento y control de las repuestas; para la recopilación y manipulación de datos de fiabilidad, como los índices de fallos, los índices de retirada y las limitaciones de tiempo para las repuestas, etc.; para el seguimiento de las repuestas con número de serie; y para otras numerosas necesidades de información rastreable para supervisar las actividades de mantenimiento. Todas las actividades de mantenimiento deben coordinarse y seguirse, y los sistemas informáticos de mantenimiento deben estar bajo el control de personas que conozcan tanto el mantenimiento como los ordenadores.*

## **PUBLICACIONES**

*La sección de publicaciones (o biblioteca técnica) de la organización de mantenimiento e ingeniería es responsable de mantener actualizadas todas las publicaciones técnicas, ya sean en papel, microfilm o medios electrónicos. La sección de publicaciones recibe todas las publicaciones y es responsable de distribuir los documentos o las revisiones (parciales o completas) a los centros de trabajo correspondientes. El personal del centro de trabajo es responsable de insertar los cambios y de eliminar las páginas obsoletas, pero el personal de publicaciones técnicas debe comprobar en los centros de trabajo que esto se está haciendo. Durante la auditoría anual de cada unidad, el departamento de control de calidad comprobará que todos los documentos están actualizados (véase el capítulo 16).*

## **RESUMEN**

En esta sección se han tratado, en términos generales, los tipos de actividades y organizaciones necesarias para apoyar la función de mantenimiento. En el próximo capítulo, "La organización del mantenimiento y la ingeniería", se analizará en detalle una propuesta de estructura organizativa de M&E.

## CAPÍTULO 7

### EL MANTENIMIENTO Y LA INGENIERÍA

#### ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO Y LA INGENIERÍA

La estructura de una organización eficaz de mantenimiento e ingeniería variará según el tamaño y el tipo de organización. También puede variar con la filosofía de gestión de la empresa. Pero hay que tener en cuenta una cosa: la estructura organizativa debe permitir a la empresa cumplir sus metas y objetivos y cada unidad dentro de la empresa debe estar dotada de personal y autoridad suficientes para llevar a cabo esos objetivos y cumplir esas metas.

A partir de la experiencia y la observación, se determinó que la siguiente estructura es la más eficiente y eficaz para una aerolínea comercial de tamaño medio. Para su aplicación a aerolíneas grandes o pequeñas, esta estructura tendrá que ser modificada; pero todas las funciones identificadas aquí tendrán que existir por separado o en combinación para cumplir con todas las funciones y actividades identificadas en el Cap. 6 como esenciales para una operación efectiva.

#### ESTRUCTURA ORGANIZATIVA

La estructura organizativa básica de nuestra compañía aérea de tamaño medio se muestra en la Fig. 7-1. Hay tres conceptos básicos subyacentes a la estructura que hemos definido. Dos de ellos provienen del pensamiento de gestión tradicional. Estos dos de ellos provienen del pensamiento tradicional de la gestión: los conceptos de amplitud de control y de agrupación de funciones similares. El tercer concepto es algo exclusivo de la aviación: la separación de las actividades de producción (mantenimiento e ingeniería) de las funciones de inspección, control y seguimiento (garantía de calidad, control de calidad, fiabilidad y seguridad).

#### ALCANCE DEL CONTROL

El concepto de alcance del control puede considerarse pasado de moda para algunos, pero sigue siendo un concepto útil. Este concepto establece que un supervisor o gerente puede supervisar o controlar eficazmente de tres a siete personas. Menos de tres supondría un uso ineficaz del tiempo y de los recursos humanos, y más de siete supondría una dispersión del jefe. En la estructura organizativa que se muestra en la Fig. 7-1, nos hemos ceñido a este concepto. El vicepresidente de mantenimiento e ingeniería supervisa a cinco directores. Cada director tiene a su cargo el número necesario de gerentes para llevar a cabo las funciones prescritas de la dirección. Hemos comprobado que al limitar el número de personas que tiene que supervisar un director, el trabajo de la organización se divide en repuestos que se gestionan más fácilmente sin perder el contacto de persona a persona que es tan necesario para una fuerza de trabajo feliz y eficiente.

En los niveles inferiores de la organización, donde el trabajo de mantenimiento real lo realizan trabajadores con muchas habilidades diferentes, el ámbito de control no suele ser tan estrecho. Un supervisor de mantenimiento de línea o de hangar puede tener que supervisar hasta 20 o 30 de estos especialistas. Pero en los niveles superiores de gestión, nos gusta mantener el ámbito de control en el número más bajo. Sin embargo, esto no quiere decir que no se pueda utilizar un ámbito más amplio. Todas las actividades de gestión deben organizarse para trabajar con los recursos disponibles y dentro de las capacidades y la filosofía de la dirección actual.

#### AGRUPACIÓN DE FUNCIONES SIMILARES

El segundo concepto básico de la filosofía organizativa que estamos utilizando es la agrupación de funciones similares bajo un director, gerente o supervisor. Esto se traduce en que todas las actividades de mantenimiento (línea, hangar y MCC) están bajo un solo director. Todas las funciones del taller de mantenimiento (talleres eléctricos y electrónicos, talleres mecánicos, hidráulicos, etc.) están igualmente agrupadas. Todas las actividades de inspección -ya sea la inspección de los trabajadores de la empresa, la inspección de los repuestos o la inspección de los proveedores de repuestos- se agrupan en una sola organización (funciones de evaluación del programa de mantenimiento). Las personas que se encargan de la compra de suministros, las que realizan trabajos de ingeniería y las que se encargan de la

planificación también se agrupan en consecuencia para que los gerentes y directores puedan mantener una vigilancia y un control adecuados sobre las áreas en las que tienen experiencia.

## SEPARACIÓN DE LAS FUNCIONES DE PRODUCCIÓN Y SUPERVISIÓN

Un tercer concepto que se aplica aquí puede ser exclusivo de la organización de mantenimiento. Según la filosofía de la FAA, una compañía aérea recibe una certificación para operar como empresa de transporte aéreo comercial y esa autorización es, a efectos prácticos, permanente. Algunas aerolíneas extranjeras deben ser recertificadas por su autoridad reguladora anualmente. Según las normas de la FAA, para que una compañía aérea reciba la certificación, debe contar con determinados programas, incluida una función de autocontrol para garantizar que actúa de acuerdo con las normas (sus propias normas y las de la autoridad reguladora). Esto evita que la FAA tenga que volver a certificar cada aerolínea cada año. Este requisito de autocontrol suele adoptar la forma de programas de garantía de calidad (QA), control de calidad (QC), fiabilidad y seguridad. Combinadas, estas funciones constituyen el núcleo del requisito CASS mencionado en el capítulo 6.1. Se recomienda, y generalmente se practica, que estas funciones de autocontrol operen por separado de las funciones de mantenimiento e ingeniería que están supervisando para evitar cualquier problema de conflicto de intereses. Esta separación está incorporada en la estructura organizativa que se muestra en la Fig. 7-1 y se analiza a continuación mediante una agrupación selectiva.

## EL ORGANIGRAMA DE M&E

La figura 7-1 es el organigrama básico de la organización de mantenimiento e ingeniería de nuestra "típica" aerolínea de tamaño medio. Discutiremos brevemente cada nivel y cada función. La estructura comienza con el nivel de vicepresidente y continúa hacia abajo con las designaciones de director, gerente y supervisor, según corresponda. Su organización puede tener otros títulos que sus operarios prefieran utilizar, pero la estructura debería ser similar a la de la Fig. 7-1.

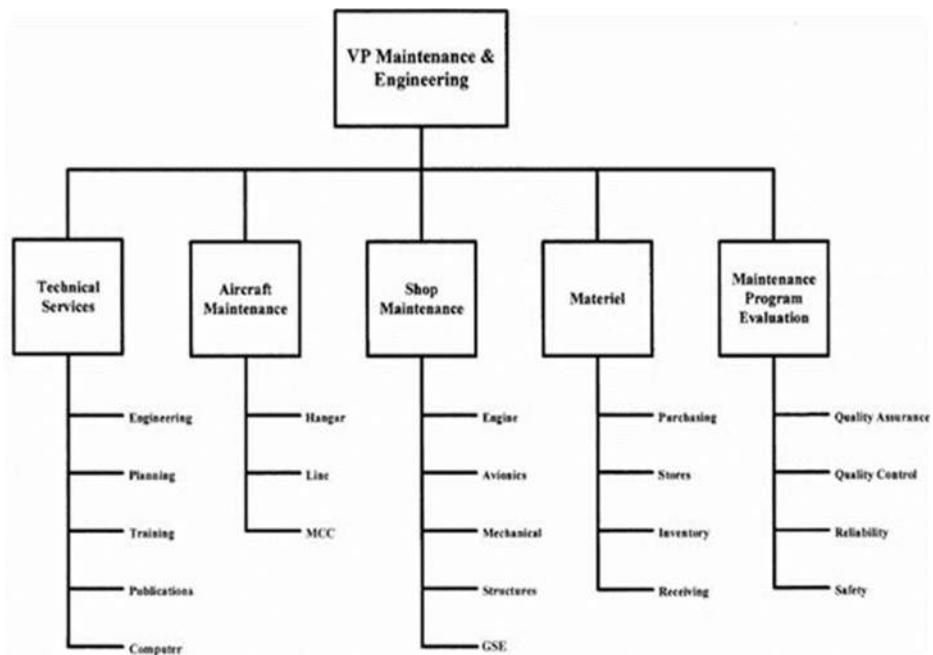


Figura 7-1 Organización típica de mantenimiento e ingeniería.

## AGRUPACIONES GENERALES

### VICEPRESIDENTE DE MANTENIMIENTO E INGENIERÍA

El jefe de toda la función de mantenimiento e ingeniería dentro de la aerolínea debe estar en un nivel relativamente alto de la estructura de la aerolínea. Debería estar directamente bajo el jefe de la aerolínea o bajo el jefe de la actividad operativa de la compañía (presidente, director de Operaciones, o cualquier otro título que se utilice). El puesto de VP de M&E también debería estar al mismo nivel que el jefe de operaciones de vuelo (VP Flight Ops o como se llame). Las operaciones de vuelo y el mantenimiento se consideran dos caras de la misma moneda; se complementan y tienen el mismo peso.

El departamento de operaciones de vuelo se encarga de realizar las operaciones de transporte aéreo, es decir, de volar. El departamento de mantenimiento e ingeniería, por su parte, se encarga de entregar al departamento de operaciones vehículos en condiciones de volar para cumplir el programa de vuelos. El departamento de mantenimiento e ingeniería es responsable de realizar todo el mantenimiento programado, las modificaciones, etc. en los vehículos dentro de los límites especificados en el programa de mantenimiento y seguir cumpliendo el programa de vuelo del departamento de operaciones. Sin el mantenimiento, las operaciones de vuelo estarían bastante limitadas en sus actividades; sin las operaciones de vuelo, el mantenimiento no tendría mucho sentido en el mantenimiento de los equipos. Se necesitan mutuamente y la aerolínea necesita a ambos.

## DIRECTORES DE LAS FUNCIONES PRINCIPALES

Las cinco funciones principales que se muestran en la Fig. 7-1 son, en el orden en que se abordan en este curso, los servicios técnicos (que incluyen la ingeniería, la planificación, la formación, las publicaciones técnicas y la informática); el mantenimiento de las aeronaves (la línea de vuelo, el hangar, las estaciones externas y el centro de control de mantenimiento); los talleres de revisión (para el mantenimiento, la reparación y la revisión fuera de las aeronaves); los servicios de material (responsables de pedir y mantener los suministros, gestionar las garantías y mover las repuestos reparables y consumibles a través del sistema); y la evaluación del programa de mantenimiento (la actividad de supervisión para la organización, sus trabajadores y sus proveedores). Como puede ver, hay más cosas aquí que el mantenimiento y la ingeniería. Más adelante hablaremos de cada uno de ellos con más detalle.

## DIRECTIVOS Y SUPERVISORES

Dentro de cada dirección, hay varios gerentes. Cada uno de ellos tiene un área de responsabilidad especializada dentro del ámbito general de la función de la dirección. Las actividades específicas dentro del área de responsabilidad de cada gestor requieren plantillas de especialistas con la supervisión de personas con conocimientos. En algunas organizaciones grandes, el supervisor puede necesitar una separación adicional de actividades o funciones y nombrar "jefes" o "jefes de paja" para reducir su ámbito de control a un tamaño viable. Sin embargo, para la mayoría de los operadores, el ámbito de control puede ser mucho más amplio en este nivel.

## FUNCIONES DEL NIVEL DIRECTIVO-DIRECCIÓN DE SERVICIOS TÉCNICOS

La dirección de servicios técnicos contiene numerosas actividades y servicios que apoyan las funciones de mantenimiento e inspección. En la configuración típica de la Fig. 7-1, hemos identificado varias actividades para cada dirección. Cada actividad está bajo la dirección de un gerente. Puede haber otros niveles de gestión, como supervisores y jefes, según sea necesario.

## INGENIERÍA

El director de ingeniería es responsable de todas las funciones de ingeniería dentro de la organización de M&E. Esto incluye (a) el desarrollo del programa de mantenimiento inicial (tareas, intervalos, calendarios, bloqueos, etc.);(b) la evaluación de los boletines de servicio (SBs) y cartas de servicio (SLs) para su posible inclusión en los equipos de la aerolínea; (c) la supervisión de la incorporación de aquellos SBs y SLs que consideren beneficiosos; (d) la supervisión de la incorporación de las directivas de aeronavegabilidad (ADs), las modificaciones que sean requeridas por la autoridad reguladora; (e) la evaluación de los problemas de mantenimiento determinados por el programa de fiabilidad y para los problemas (si los hay) resultantes de los chequeos de mantenimiento realizadas por el mantenimiento; y (f) para establecer las políticas y procedimientos de la organización de M&E. El departamento de ingeniería cuenta con un cuadro de especialistas en ingeniería, normalmente suficiente para cubrir, con un alto grado de experiencia, todas y cada una de las especialidades del ámbito técnico de la aeronave: planta motriz, estructuras, aviónica, rendimiento de la aeronave y sistemas (hidráulicos, neumáticos, etc.). Estos puestos son de nivel de supervisor, con varios ingenieros en cada grupo con sus propias especialidades, si es necesario.

El departamento de ingeniería también participa en la planificación de las instalaciones (nuevos hangares, talleres de mantenimiento, almacenes, edificios, etc.) de la aerolínea, que serán utilizadas por la organización de M&E. Aunque el departamento de ingeniería no suele realizar el trabajo de diseño e ingeniería, trabajará con la empresa consultora de ingeniería o con el contratista responsable del proyecto para garantizar que el resultado final cumpla los requisitos de la aerolínea.

## PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN

*El director de planificación y control de la producción (PP&C) es responsable de la programación y planificación del mantenimiento. Esta función debe planificar y programar la mano de obra, los repuestos, las instalaciones, las herramientas y cualquier asistencia especial necesaria para todas las actividades de mantenimiento o modificación. Entre las funciones de PP&C se encuentran las siguientes (a) todas las actividades de planificación relacionadas con el mantenimiento y la ingeniería (a corto, medio y largo plazo); (b) el establecimiento de normas para las horas-hombre, el material, las instalaciones, las herramientas y los equipos; (c) la programación del trabajo; (d) el control de los hangares; (e) el mantenimiento en el avión; y (f) la supervisión del progreso del trabajo en los talleres de apoyo.*

## **FORMACIÓN**

*El director de formación técnica es responsable del plan de estudios, del desarrollo de los cursos, de la administración y de los registros de formación de toda la formación formal a la que asisten los empleados de la unidad de M&E. La organización coordina cualquier formación necesaria fuera de la unidad (formación de proveedores) y coordina con el personal de mantenimiento de línea y de hangar el desarrollo de la formación en el puesto de trabajo y las actividades de formación de recuperación o puntuales. La sección de formación debe ser capaz de establecer cursos de formación nuevos y especiales para satisfacer las necesidades de la aerolínea. Estas necesidades de cursos suelen ser el resultado de la investigación de problemas por fiabilidad, la incorporación de nuevos equipos o modificaciones, o la adición de tipos de aviones a la flota.*

## **PUBLICACIONES TÉCNICAS**

*El gestor de publicaciones técnicas es responsable de todas las publicaciones técnicas utilizadas por la organización de M&E. El responsable de las publicaciones técnicas (Tech Pubs) mantiene una lista actualizada de todos los documentos recibidos de los fabricantes y proveedores, así como de los producidos internamente por la compañía aérea. También se registra el número de ejemplares, en papel, microfilm o disco compacto (CD), que debe recibir cada centro de trabajo. La organización de Tech Pubs también es responsable de garantizar que se distribuyan los documentos y las revisiones adecuadas a estos distintos centros de trabajo. Los centros de trabajo son responsables de mantener sus propios documentos actualizados, pero Tech Pubs suele realizar comprobaciones periódicas para comprobar que se está haciendo. Tech Pubs también es responsable del mantenimiento de la biblioteca técnica principal y de las bibliotecas satélite del sistema de la aerolínea, incluidas las de las estaciones externas.*

## **SERVICIOS INFORMÁTICOS**

*El director de los servicios informáticos es responsable de la definición de las necesidades informáticas de la organización de M&E: (a) la selección del software y hardware que se utilizará, con la información de uso y (b) la formación del personal de mantenimiento, inspección y gestión sobre el uso de los ordenadores; y (c) proporcionar apoyo continuo a las organizaciones usuarias.*

## **FUNCIONES DE NIVEL DIRECTIVO-DIRECCIÓN DE MANTENIMIENTO DE AERONAVES**

*La dirección de mantenimiento de aeronaves es responsable de las principales actividades de mantenimiento de aeronaves: el mantenimiento en la línea de vuelo y el mantenimiento realizado en el hangar. Tres gerentes dependen del director de mantenimiento de aeronaves: uno para cada una de estas actividades y otro para el MCC. En el caso de las compañías aéreas con diferentes modelos de aviones o con dos o más bases de mantenimiento, el número de gerentes de mantenimiento de aeronaves puede aumentar según sea necesario para el alcance de la operación.*

## **MANTENIMIENTO DE HANGARES**

*El gestor de mantenimiento del hangar es responsable del cumplimiento de las políticas y procedimientos de la aerolínea relativos a todos los trabajos realizados en la aeronave en el hangar, como modificaciones, cambios de motor, revisiones "C" (y superiores), control de la corrosión, pintura, etc. La función de mantenimiento del hangar también incluye varios talleres de apoyo (soldadura, tejido de los asientos y del interior, materiales compuestos, etc.), así como equipos de apoyo en tierra.*

## **MANTENIMIENTO DE LÍNEA**

*El gerente de mantenimiento de línea es responsable del cumplimiento de las políticas y procedimientos de la aerolínea en relación con el trabajo realizado en la aeronave en la línea de vuelo mientras la aeronave está en servicio. Dichas actividades incluyen el mantenimiento y la revisión de los turnos, los chequeos diarios, los chequeos de intervalo corto (menos del intervalo de chequeo "A") y los chequeos "A". A veces, el mantenimiento en línea puede realizar modificaciones sencillas para evitar el uso innecesario del hangar. El mantenimiento de línea también puede utilizarse para realizar actividades de mantenimiento de línea para otras aerolíneas bajo contrato.*

## **CENTRO DE CONTROL DE MANTENIMIENTO**

*La función conocida como centro de control de mantenimiento (MCC) realiza un seguimiento de todas las aeronaves en vuelo y en las estaciones externas. Todas las necesidades de mantenimiento de estos vehículos se coordinan a través del MCC. El MCC también coordina los tiempos de inactividad y los cambios de horario con el departamento de vuelo. Algunas aerolíneas pueden tener un supervisor de estaciones de línea para coordinar las actividades de las estaciones externas, pero a menudo forma parte de la operación del MCC de la base.*

## **FUNCIONES DE NIVEL DIRECTIVO-DIRECCIÓN DE TALLERES DE REVISIÓN**

*La dirección de talleres de revisión está formada por los talleres de mantenimiento que realizan el mantenimiento de los elementos retirados de la aeronave. Estos talleres incluyen el taller de motores, el taller eléctrico, el taller de electrónica (o aviónica) y varios talleres mecánicos. Estos pueden ser talleres separados o algunos pueden estar combinados por conveniencia, dependiendo de la operación. Algunos de estos talleres también pueden realizar trabajos por contrato para otras aerolíneas.*

### **TALLERES DE MOTORES**

*El gerente de los talleres de revisión de motores es responsable de todo el mantenimiento y la reparación realizados en los motores y las unidades de potencia auxiliar (APU) de la organización. Si se utiliza más de un tipo de motor, puede haber un taller de motores distinto para cada tipo que realice el trabajo, pero normalmente estarán bajo la dirección de un gerente superior con un supervisor para cada tipo de motor. Las actividades de construcción de motores suelen depender del director del taller de motores.*

### **TALLERES DE ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA (AVIÓNICA)**

*El director de los talleres de electricidad/electrónica es responsable de todo el mantenimiento de los componentes y sistemas eléctricos y electrónicos fuera de la aeronave. Hay una gran variedad de componentes y sistemas en este campo con amplias variaciones en el equipo y en las habilidades necesarias para tratarlos. Puede haber varios talleres (radio, navegación, comunicaciones, ordenadores, componentes con motor eléctrico, etc.) con supervisores separados. Sin embargo, a veces se combinan los talleres para optimizar la mano de obra y el espacio y para reducir los inventarios de equipos de prueba.*

### **TALLERES DE COMPONENTES MECÁNICOS**

*El director de los talleres de componentes mecánicos tiene responsabilidades similares a las del director de los talleres de aviación. La única diferencia, por supuesto, es que estos talleres se ocupan de los componentes mecánicos: actuadores, sistemas y componentes hidráulicos, superficies del avión (flaps, slats, spoilers), sistemas de combustible, oxígeno, neumática, etc.*

### **ESTRUCTURAS**

*El taller de estructuras se encarga del mantenimiento y la reparación de todos los componentes estructurales del avión. Esto incluye el material compuesto, así como la chapa y otros elementos estructurales.*

## **FUNCIONES DE NIVEL DIRECTIVO-DIRECCIÓN DE MATERIAL**

*La dirección de material es responsable de la gestión de todas las repuestos y suministros para la organización de M&E: (a) las compras; (b) el almacenamiento y la distribución (almacenes); (c) el control de las existencias; y (d) el envío y la recepción de los repuestos y los suministros utilizados por la organización M&E. Esto incluye no sólo los repuestos y los*

suministros utilizados en el mantenimiento, la revisión y la ingeniería de la aeronave, sino también los suministros utilizados para la administración y la gestión de M&E (es decir, suministros de oficina, uniformes, etc.).

## COMPRAS

El director de compras es responsable de la compra de repuestos y suministros y del seguimiento de estos pedidos a través del sistema. Esto comienza con la emisión inicial de repuestos cuando se añade una nueva aeronave a la flota y una reposición continua de esos repuestos basada en el uso. La unidad de compras también es responsable de gestionar las reclamaciones de garantía y las reparaciones por contrato.

## ALMACENES

El responsable de los almacenes se encarga del almacenamiento, la manipulación y la distribución de los repuestos y los suministros utilizados por el personal de mantenimiento en las actividades de mantenimiento en línea, en el hangar y en el taller. Los almacenes, o puntos de entrega de repuestos, se sitúan cerca de los distintos centros de trabajo para permitir a los mecánicos un acceso rápido a las repuestas y suministros y para minimizar el tiempo empleado en obtener dichas repuestas y suministros.

## CONTROL DE INVENTARIOS

El gestor de control de inventario es responsable de garantizar que los repuestos y los suministros disponibles sean suficientes para el ritmo de uso normal y esperado, sin inmovilizar fondos excesivos en artículos que no se mueven y sin agotar las existencias demasiado pronto o con demasiada frecuencia para los artículos de uso común.

## ENVÍO Y RECEPCIÓN

El gestor de envíos y recepciones es responsable del embalaje, la preparación de la carta de porte, el seguro, las aduanas, etc. para los materiales que salen, así como del despacho de aduanas, el desembalaje, la inspección de recepción, el etiquetado, etc. para los materiales que llegan. Esto incluye todos los repuestos que se envían hacia y desde la aerolínea.

## FUNCIONES DE NIVEL DIRECTIVO-DIRECCIÓN DE EVALUACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

La dirección de evaluación del programa de mantenimiento (MPE) es una organización encargada de supervisar la organización de mantenimiento e ingeniería. La unidad MPE es responsable de las actividades del CASS. Las funciones de la unidad incluyen la garantía de calidad, el control de calidad, la fiabilidad y la seguridad.

### GARANTÍA DE CALIDAD

El gerente de garantía de calidad es responsable de garantizar que todas las unidades de M&E se adhieran a las políticas y procedimientos de la compañía, así como a los requisitos de la FAA. El director de garantía de calidad establece las normas para las operaciones de M&E, y los auditores de garantía de calidad garantizan el cumplimiento de dichas normas mediante auditorías anuales. El control de calidad también es responsable de auditar a los proveedores y contratistas externos para que cumplan con las normas y reglamentos de la empresa y de la autoridad reguladora.

### CONTROL DE CALIDAD

El director de control de calidad es responsable de realizar inspecciones rutinarias de los trabajos de mantenimiento y reparación, de certificar al personal de mantenimiento e inspección y de gestionar el programa de elementos de inspección requeridos (RII). Esta última función implica la identificación de los RIIs y la certificación del personal específico autorizado para inspeccionar y aceptar el trabajo. La organización de control de calidad también es responsable de la calibración de las herramientas de mantenimiento y de los equipos de prueba y realiza o supervisa los procedimientos de pruebas e inspecciones no destructivas (NDT/NDI).

### FIABILIDAD

El director de fiabilidad es responsable de llevar a cabo el programa de fiabilidad de la organización y de garantizar que cualquier área problemática se aborde con prontitud. Esta responsabilidad incluye la recopilación y el análisis de datos, la identificación de posibles áreas problemáticas (que luego son abordadas en detalle por la ingeniería) y la publicación del informe mensual de fiabilidad.

## SEGURIDAD

*La organización de seguridad es responsable de desarrollar, implementar y administrar las actividades relacionadas con la seguridad y la salud dentro de la organización de M&E. El director de seguridad también es responsable de gestionar todos los informes y reclamaciones relacionados con la seguridad de M&E.*

## RESUMEN DE LOS NIVELES DE GESTIÓN

*En todas las organizaciones mencionadas, los respectivos directores, gerentes y supervisores también son responsables de las actividades más mundanas que son necesarias para el buen funcionamiento de cualquier organización. Estas actividades incluyen la gestión de las tareas administrativas y de personal; los requisitos de presupuestación y planificación para sus respectivas organizaciones (tanto a largo como a corto plazo); y las interacciones necesarias con algunas o todas las demás organizaciones, incluidas las que no pertenecen a M&E, a través de una pléthora de reuniones, cartas, documentos, memorandos, sesiones de toros y encuentros casuales en el pasillo.*

## ESTRUCTURA ORGANIZATIVA Y EL TPPM

*La organización de la gestión del mantenimiento de la que se habla aquí se basa en el enfoque convencional, en el que se agrupan actividades similares y se proporciona una estructura dentro de la cual todos pueden trabajar. Sin embargo, no se adhiere a la filosofía de la "cadena de mando", en la que cada nivel jerárquico tiene dominio sobre los niveles inferiores. Más bien pretende fomentar el enfoque más moderno de la "coordinación interfuncional".*

*Esta estructura de gestión del mantenimiento puede clasificarse como un sistema (véase el Apéndice A). La figura 7-1 representa un conjunto de componentes estructurales y de procedimiento diseñados para trabajar juntos de manera eficiente para realizar la función de gestión del mantenimiento. Como ocurre con cualquier sistema, el diseño teórico puede diferir de lo que realmente se consigue cuando el plan se aplica en el mundo real. Es decir, incluso los sistemas de gestión contienen cierta entropía, cierta imperfección, tanto natural como fabricada (véase el capítulo 1). Por ello, es importante comprender el doble papel de la dirección en la creación y el funcionamiento de una organización. El personal de gestión tiene responsabilidades similares a las de los ingenieros de sistemas: debe desarrollar un sistema viable y debe esforzarse por conseguir una cantidad mínima de imperfección (entropía) dentro de ese sistema. El personal de gestión también tiene responsabilidades similares a las de los mecánicos de sistemas: su trabajo continuo es combatir el aumento natural de la entropía que su sistema sin duda sufrirá con el tiempo.*

*Un gestor es, en cierto sentido, similar a un piloto de avión. En los primeros tiempos de la aviación, el piloto tenía que hacer un gran esfuerzo para pilotar el avión. En el primer avión de los hermanos Wright, el operador se tumbaba boca abajo y manejaba los controles necesarios con las manos, los pies y las caderas. Los modelos posteriores le permitían sentarse erguido. Durante muchos años, el piloto pilotaba el avión por "tacto". El vehículo era una extensión del piloto; el piloto y su avión eran una unidad; volaban juntos. En los aviones modernos de hoy en día, el piloto tiene la ventaja de varios sistemas de comunicación, navegación y control que casi hacen volar el avión sin ayuda. El piloto, entonces, después de poner todo en funcionamiento, "se sienta y gestiona el vuelo".*

*Esto no significa que el piloto sea menos importante y no necesite una formación rigurosa. Por el contrario, debe saber tanto como -en realidad, más que- cualquier piloto anterior. Cuando algo va mal, o no va tan bien como estaba previsto, el piloto debe saber inmediatamente qué hacer, cómo tomar el relevo de los sistemas automáticos y pilotar manualmente el avión.*

*La gestión del mantenimiento y de otras actividades técnicas supone un esfuerzo similar para los directivos confinados en tierra. En nuestra estructura de gestión típica, hemos identificado la organización necesaria para llevar a cabo las funciones de M&E. La dirección ha determinado esta estructura basándose en las reglas indicadas anteriormente: agrupación de funciones similares, ámbito de control y separación de los supervisores de los supervisados. El establecimiento posterior de las operaciones de S&E se detalla en el manual de políticas y procedimientos técnicos de la línea aérea (TPPM), que la dirección elabora meticulosamente al inicio de las operaciones para garantizar una coordinación fluida e interfuncional entre las unidades de S&E y para alcanzar las metas y objetivos declarados de la organización. Una vez que la organización de M&E y sus políticas y procedimientos operativos están establecidos, y el personal contratado está formado en esos elementos la dirección puede entonces "sentarse a gestionar la operación".*

## VARIACIONES DE LA ORGANIZACIÓN TÍPICA

*Es obvio que la estructura organizativa anterior no funcionará para todos los operadores comerciales. Las aerolíneas más pequeñas que nuestra aerolínea "típica", así como las que son mucho más grandes, no pueden operar eficazmente*

con esta disposición. Debe haber variaciones en esta estructura para acomodar las diferencias. Éstas se analizan a continuación.

### COMPAÑÍAS AÉREAS PEQUEÑAS

Las aerolíneas pequeñas no pueden organizarse de la manera mostrada en la figura 7-1 por dos razones. En primer lugar, puede que no tengan suficiente personal para ocupar todos estos puestos y, en segundo lugar, puede que no tengan suficiente trabajo para mantener a todas o algunas de estas personas ocupadas a tiempo completo. Es obvio, pues, que hay que modificar la estructura de gestión. Esto puede hacerse de varias maneras.

En primer lugar, debemos afirmar que todas las actividades identificadas en el organigrama típico deben ser atendidas en cierta medida en cualquier aerolínea. Todas estas funciones son necesarias para un funcionamiento eficaz. Sin embargo, debido a las limitaciones de tamaño y de personal, se puede pedir a una persona o a una sección que realice más de una de estas funciones. Por ejemplo, las funciones de control de calidad podrían asignarse al personal de los centros de trabajo. Los mecánicos y los técnicos realizarían el trabajo de inspección según fuera necesario como complemento de sus tareas habituales de mantenimiento. Sin embargo, estos inspectores de control de calidad serían supervisados por la organización de garantía de calidad (o por la persona encargada de la garantía de calidad) en lo que respecta a estas actividades de inspección. En los capítulos 16 y 17 se tratará más sobre este tema. 16 y 17.

Las funciones de fiabilidad e ingeniería podrían combinarse también en aerolíneas más pequeñas. Las publicaciones técnicas, la formación e incluso la planificación y el control de la producción pueden combinarse con la ingeniería para utilizar las habilidades disponibles. Las funciones de mantenimiento de la línea y del hangar pueden ser organizaciones separadas, pero utilizar muchos de los mismos empleados. Las dos funciones también pueden combinarse como una sola organización de mantenimiento.

### GRANDES COMPAÑÍAS AÉREAS

Para las aerolíneas más grandes, especialmente aquellas con más de una base de mantenimiento, será necesaria una estructura organizativa diferente a la de la Fig. 7-1. Se necesitará una organización de mantenimiento de hangares en cada base donde se realice ese tipo de trabajo. Por ejemplo, las aerolíneas MNO pueden realizar el mantenimiento en hangar de sus 757 en Denver y de sus A310 en Kansas City. Una organización de mantenimiento en hangar en la base de origen (sea cual sea) no sería suficiente. Sin embargo, puede ser necesario tener un director a nivel corporativo responsable de ambas unidades, así como directores separados en cada sitio. Lo mismo ocurriría con la planificación y el control de la producción y con algunos talleres de apoyo para este acuerdo. Una vez más, hay que subrayar que es importante que las funciones enumeradas en nuestra estructura "típica" se aborden independientemente de cómo se organice realmente la aerolínea.

### ESTRUCTURA ORGANIZATIVA COMPLETA O PARCIAL

También hay que señalar que esta estructura "típica" de una aerolínea no es adecuada para una aerolínea que no realice todas las funciones enumeradas en la Fig. 7-. Muchas aerolíneas pequeñas, y algunas más grandes, no realizan su propio mantenimiento de hangares y, por lo tanto, no necesitan la organización de mantenimiento de hangares. Lo mismo ocurre con las aerolíneas que subcontratan el mantenimiento del taller en una o más áreas (aviónica, hidráulica, etc.). Pero incluso si ciertas funciones no son realizadas por la propia aerolínea, estas funciones deben cumplirse para mantener adecuadamente el equipo. La aerolínea debe designar a alguien en la organización de M&E para que sea responsable de estas funciones, para que se encargue de su realización y para que coordine estas acciones con otras actividades de la aerolínea. Estas y otras variantes se discutirán en los capítulos correspondientes más adelante en el curso.

## PARTE II

### SERVICIOS TÉCNICOS

La dirección de servicios técnicos es responsable de proporcionar apoyo y asistencia técnica; seguimiento continuo, actualización y desarrollo de programas de mantenimiento para el tipo de flota de la aerolínea; cambio de programas de mantenimiento; articulación de los manuales de las aeronaves y su distribución; y todas las demás actividades de M&E. La parte II comienza con el capítulo 8, Ingeniería. Este es el grupo principal de los servicios técnicos y a veces, al menos en las aerolíneas pequeñas, incluirá algunas o todas las demás funciones de apoyo. El trabajo principal de ingeniería es establecer el programa de mantenimiento y los calendarios subsiguientes y proporcionar conocimientos de ingeniería en la revisión de los nuevos avisos de propuesta de normas (NPRM), de las nuevas directivas de aeronavegabilidad (AD), de los documentos del fabricante de la aeronave, de las cartas de servicio, de los avisos a los

operadores de aeronaves, de los boletines de servicio, y proporcionar asistencia técnica a todas las demás unidades dentro de M&E.

La planificación y el control de la producción (PP&C), de la que se habla en el capítulo 9, es la principal fuerza que impulsa las actividades diarias de mantenimiento de las aeronaves. Este departamento es responsable de planificar y programar todas las actividades de mantenimiento de las aeronaves en la aerolínea. Las otras funciones de los servicios técnicos son Publicaciones Técnicas, Cap. 10, que es responsable de la recepción, distribución y actualización de documentos. Formación técnica, Cap. 11, es responsable de todas las actividades de formación en M&E, incluyendo la gestión del mantenimiento, la inspección, el personal de auditoría y el apoyo administrativo. La figura II-1 muestra el organigrama de las unidades de servicios técnicos.

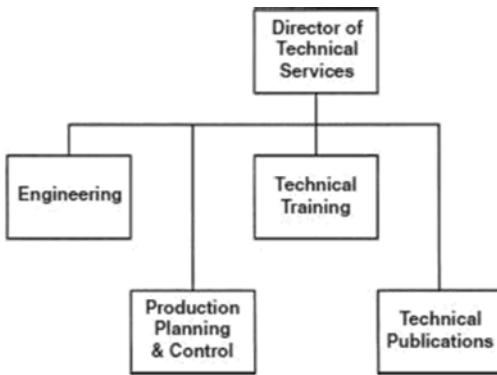


Figura II-1 Organigrama de los servicios técnicos.

## CAPÍTULO 8

### INGENIERÍA

#### INTRODUCCIÓN

En el sector de la aviación se discute si una compañía aérea necesita o no un componente de ingeniería. Antiguamente, las aerolíneas eran las encargadas de determinar lo que querían en términos de tamaño, alcance y sistemas operativos de los aviones. Las aerolíneas establecían las especificaciones y las presentaban a los distintos fabricantes de fuselajes, que competían por el contrato y acababan produciendo el producto final. En los últimos años, sin embargo, la tendencia general ha sido dejar el diseño y el desarrollo de nuevos aviones a los fabricantes de fuselajes y motores. La única estipulación de las aerolíneas es, esencialmente, "construir algo que podamos utilizar de forma eficaz y que podamos pagar".

Con este último enfoque, muchas aerolíneas redujeron considerablemente el tamaño de sus plantillas de ingenieros y algunas las eliminaron por completo. Pero hay otras cosas que hay que tener en cuenta antes de cerrar la oficina de ingeniería de una aerolínea. Aunque la aerolínea no participe en el diseño de los nuevos aviones, aparte de definir los requisitos básicos, sigue habiendo razones para contratar a personas con conocimientos y experiencia en ingeniería. Estas razones son el objeto de este capítulo.

El Consejo de Ingenieros para el Desarrollo Profesional define la ingeniería como la "profesión en la que el conocimiento de las ciencias matemáticas y naturales adquirido mediante el estudio, la experiencia y la práctica se aplica con criterio para desarrollar formas de utilizar económicamente los materiales y las fuerzas de la naturaleza en beneficio de la humanidad". La Enciclopedia Americana dice que "los ingenieros, a diferencia de los científicos, trabajan en la solución de problemas prácticos específicos". La Enciclopedia Británica añade "Todos los ingenieros deben tener un interés interés en la traducción de lo teórico a lo práctico". En otras palabras, un ingeniero es aquel que aplica las matemáticas y los principios científicos al esfuerzo de resolver problemas prácticos.

Los ingenieros suelen identificarse por alguna especialidad: civil, mecánica, eléctrica, aeronáutica, transporte, nuclear, por nombrar algunas. Ninguna de estas especialidades se aplica directamente a la aviación, excepto la aeronáutica, y estos ingenieros aeronáuticos normalmente estarían implicados en el diseño y el desarrollo de sistemas y equipos aéreos y espaciales que, como hemos dicho, la aerolínea ya no realiza. Todas las demás disciplinas de ingeniería enumeradas anteriormente tienen especialidades que pueden ser aplicables a algún aspecto de la operación de una aerolínea, pero no podemos permitirnos contratarlas todas. No tendríamos suficiente trabajo para mantenerlos a todos ocupados, y no

suelen ser capaces de trabajar en el área de los demás. Lo que sí necesitamos en una organización típica de mantenimiento de aerolíneas son personas formadas como "ingenieros de mantenimiento".

En el capítulo 3, definimos el mantenimiento como "el proceso de garantizar que un sistema realice continuamente su función prevista con el nivel de fiabilidad y seguridad diseñado". Los ingenieros de mantenimiento, por tanto, son aquellos ingenieros titulados que tienen conocimientos, experiencia y formación en el campo del mantenimiento de la aviación.

En el capítulo 3, definimos el mantenimiento como "el proceso de asegurar que un sistema realice continuamente su función prevista con el nivel de fiabilidad y seguridad diseñado". Los ingenieros de mantenimiento, por tanto, son aquellos ingenieros titulados que tienen conocimientos, experiencia y formación en el campo del mantenimiento de la aviación. Es decir, deben conocer la ingeniería básica, así como los detalles técnicos de los equipos utilizados en la aviación y el mantenimiento y funcionamiento de dichos equipos. Los ingenieros de mantenimiento en la planta del fabricante desarrollan programas de mantenimiento a partir de la actividad MSG-3 (Cap. 2) y elaboran los distintos documentos de mantenimiento (Cap. 5). En la compañía aérea, los ingenieros de mantenimiento son responsables de aplicar el programa del fabricante y de ajustarlo, cuando sea necesario, a la situación del mundo real. Sin embargo, la mayoría de las facultades y universidades no tienen cursos de ingeniería de mantenimiento. Quienes se dedican a esta profesión suelen ser mecánicos experimentados con interés en el área de la ingeniería, o son ingenieros con interés en el campo del mantenimiento de la aviación.

El departamento de ingeniería de una aerolínea puede variar mucho; realizan muchas funciones para la aerolínea en su conjunto y específicamente para la organización de M&E. En algunas aerolíneas, la ingeniería es una unidad corporativa separada de las operaciones de M&E, y en otras forma parte de M&E. El tamaño de la aerolínea suele determinar qué es lo más conveniente. En aquellas aerolíneas en las que la ingeniería está fuera de la organización de M&E, su función suele estar orientada a actividades de tipo de ingeniería de gran envergadura, como el desarrollo y el apoyo de edificios y otras instalaciones; el diseño de modificaciones importantes de las aeronaves; y los estudios de ingeniería detallados de los problemas de mantenimiento, así como de otros problemas técnicos de la aerolínea.

Sin embargo, en la mayoría de las aerolíneas, la ingeniería es una parte integral de la organización de mantenimiento e ingeniería, y su función principal es apoyar el mantenimiento. La sección de ingeniería también es responsable de desarrollar el programa de mantenimiento en la aerolínea, de proporcionar asistencia analítica a la organización de mantenimiento y de proporcionar asistencia para la resolución de problemas al personal de mantenimiento de línea, hangar y taller en problemas difíciles.

#### COMPOSICIÓN DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA

El departamento de ingeniería de la aerolínea está formado por las personas más experimentadas de la organización de mantenimiento. Deben conocer la operación total de mantenimiento, así como la aerolínea y los requisitos reglamentarios. Lo ideal es que una aerolínea cuente con ingenieros titulados y mecánicos licenciados en el departamento de ingeniería. Habrá personal de ingeniería para cada tipo de equipo: aviónica, eléctrico, hidráulico, neumático, planta de energía (motores y APU), estructuras y sistemas mecánicos. La aviónica puede incluso dividirse en sistemas de comunicaciones y de navegación; y los sistemas mecánicos en controles de vuelo, sistemas hidráulicos, etc. Algunas compañías aéreas pueden tener diferentes grupos de ingenieros para cada modelo de avión y/o motor.

Sin embargo, esta distribución de especialidades viene determinada, en su mayor parte, por el tamaño de la aerolínea. En el caso de operadores muy pequeños, puede haber sólo una o dos personas en ingeniería. Suelen ser mecánicos de alto nivel, pero se les pide que presten la misma asistencia antes mencionada en todos los tipos de equipos. Cuanto más grande sea la aerolínea, mayor y más grande y diverso será el departamento de ingeniería.

#### MECÁNICOS E INGENIEROS

Algunas compañías aéreas tienen departamentos de ingeniería formados exclusivamente por mecánicos, mientras que otras tienen departamentos formados exclusivamente por ingenieros titulados. Ninguno de estos esquemas es totalmente satisfactorio para nuestros propósitos. Aunque los mecánicos conocen perfectamente los detalles de los sistemas y componentes en servicio, tienen experiencia en las normas y reglamentos vigentes y comprenden la idiosincrasia de su flota, a menudo no tienen la misma disciplina analítica y otra formación de los ingenieros. Por otra parte, los graduados de las facultades de ingeniería, la mayoría de las veces, carecen de una comprensión adecuada de los aviones, los motores de las aeronaves y la multitud de sistemas y componentes necesarios para proporcionar vehículos aptos para el transporte aéreo. Los planes de estudios de ingeniería no ofrecen ninguna formación en materia de mantenimiento y muy poco sobre otras disciplinas de la ingeniería.

*Los ingenieros y los mecánicos reciben una formación diferente y cada uno aborda los problemas de forma distinta. Mientras que el enfoque del mecánico es algo reactivo, el del ingeniero es más proactivo. Pero se necesitan ambas disciplinas para dirigir una operación de ingeniería eficaz en una aerolínea. Veamos brevemente cada una de ellas.*

## **MECÁNICOS**

*Los mecánicos y técnicos estudian los aspectos prácticos de los sistemas y equipos de aviación. Pueden especializarse en sistemas de aviación (eléctricos, electrónicos, de comunicación, informáticos) o mecánicos (hidráulicos, neumáticos, controles de vuelo, estructuras). Este es el caso, sobre todo, si trabajan en el taller o en el hangar de mantenimiento o para una organización externa que realiza el mantenimiento o la revisión. Si el mecánico trabaja en la línea de vuelo, preparando las aeronaves para el vuelo o revisando y manteniendo las aeronaves en tránsito, es posible que tenga que ocuparse de todos los sistemas.*

*En cualquiera de los casos, el mecánico está capacitado para ocuparse de cada sistema o unidad con una comprensión de cómo se supone que funciona y cómo se debe operar. Cuando hay una discrepancia, el mecánico sigue los procedimientos estándar para la resolución de problemas, el aislamiento de fallos y la reparación. Los procedimientos de desmontaje e instalación, así como de chequeo de la unidad instalada, están estandarizados.*

*Un mecánico experimentado también sabe qué tipo de cosas pueden ir mal (tanto en el funcionamiento como en la instalación y las pruebas) que requieren un análisis más detallado para determinar el problema. Esta última habilidad sólo se adquiere con la experiencia; sólo puede enseñarse de forma superficial (véase el Apéndice C). Pero, por muy capacitado que esté un mecánico y por mucha experiencia que adquiera, a menudo hay problemas que no pueden resolverse con estos enfoques estándar. El mecánico neófito puede llegar a la conclusión de que estos problemas no pueden resolverse. El más experimentado se dará cuenta de la necesidad de profundizar en el problema. Si esto no produce una solución, puede ser necesario pedir ayuda al personal de ingeniería (suponiendo que esté debidamente cualificado).*

## **INGENIEROS**

*En este curso, utilizamos el término ingeniero para identificar a aquellos que tienen títulos académicos en algún campo de la ingeniería. Estas personas reciben una formación diferente a la de los mecánicos. Los ingenieros reciben formación en los fundamentos de la ciencia y la ingeniería (matemáticas, química, física, etc.); en las técnicas de razonamiento inductivo y deductivo; así como en las áreas de análisis estadístico, resolución de problemas e ingeniería de sistemas. Los ingenieros también se especializan en una disciplina concreta de la ingeniería: civil, eléctrica, mecánica, aeronáutica o estructural. Rara vez los ingenieros se extienden por toda la gama de disciplinas de la aviación. Pero esto no quiere decir que no sean capaces de ayudar a los mecánicos en la resolución de problemas.*

*El ingeniero debe ser capaz de retomar un problema donde lo deja el mecánico. Si todos los procedimientos comunes y normalmente eficaces aplicados por el mecánico no funcionan, entonces el ingeniero (o cualquier mecánico de primera clase) debe empezar a ver el problema desde un nuevo ángulo. Esto requiere que el ingeniero comprenda algo más que los fundamentos del funcionamiento del sistema. También debe comprender los tipos de cosas que pueden ir mal y los tipos de cosas que pueden ser influenciadas por fuerzas externas que no se tienen en cuenta en los procedimientos de mantenimiento estándar. El ingeniero debe ser capaz de desarrollar procedimientos nuevos e innovadores para estudiar y analizar los problemas y debe comprender el "panorama general" para llegar efectivamente a una respuesta adecuada. Esto es lo que deben hacer los ingenieros. Los ingenieros son básicamente solucionadores de problemas.*

*El Apéndice C ofrece información sobre las técnicas básicas de resolución de problemas que se aplican tanto a los mecánicos como a los ingenieros. El Apéndice D ofrece algunas ideas sobre el enfoque de los ingenieros para la resolución de problemas. Aunque este apéndice se refiere principalmente a las alertas de fiabilidad (véase el Cap. 18), el enfoque puede aplicarse a cualquier problema que haya que resolver.*

*Sin embargo, es importante tener en cuenta que, a pesar de todo lo que el ingeniero sabe sobre ingeniería, sobre la resolución de problemas y sobre los sistemas y sus interacciones, también debe conocer los aviones, los motores y los sistemas asociados a esos aviones para aplicar eficazmente estos conocimientos a la solución de problemas reales de los aviones. Se necesitan ambas disciplinas -ingeniería y mantenimiento- así como ambos tipos de expertos -ingenieros y mecánicos- para que una organización de mantenimiento e ingeniería eficaz y eficiente funcione sin problemas.*

## **FUNCIONES DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA**

*El departamento de ingeniería se encarga de la preparación, el estudio y el análisis de diversos aspectos de la operación de mantenimiento. Evalúan los requisitos de mantenimiento y establecen el programa de mantenimiento de la aerolínea.*

También evalúan las modificaciones sugeridas de los sistemas de las aeronaves para su posible incorporación a la flota y proporcionan asistencia técnica al mantenimiento. El departamento de ingeniería prepara a las unidades para el manejo de nuevos equipos e instalaciones y proporciona asistencia, cuando es necesario, en todos los demás aspectos del mantenimiento. Estas funciones se analizan a continuación.

#### DESARROLLO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

Cada modelo de avión tiene un programa de mantenimiento inicial desarrollado por los grupos de trabajo del sector y definido en la documentación suministrada por el fabricante. Se trata de un programa de mantenimiento sugerido para los nuevos operadores y los nuevos equipos. Una vez en el campo, los operadores pueden ajustar el programa para que se adapte a sus propias necesidades y al entorno operativo (ver Caps.

2 y 18).

Este programa de mantenimiento inicial es un programa generalizado y debe adaptarse al operador individual desde el principio. El fabricante elabora el informe MRB aprobado por la FAA y un documento de planificación del mantenimiento (véase el Cap. 2). Es responsabilidad del departamento de ingeniería de la aerolínea empaquetar estas tareas en unidades viables basadas en factores como el tiempo, el espacio, el personal, los horarios de la flota y las capacidades generales de la aerolínea. Para algunas aerolíneas, los controles designados con letras (A, B, C y D) son suficientes. La flota es lo suficientemente grande como para que la aerolínea pueda programar el personal y las instalaciones para los chequeos continuos (por ejemplo, un avión por semana o por mes). En las aerolíneas pequeñas, no hay suficientes aviones para permitir esta programación continua de comprobaciones "C". Debido a los mayores requisitos de mano de obra para el chequeo "C", es necesario que la pequeña aerolínea ajuste la programación para suavizar el trabajo.

Para la mayoría de los operadores, la revisión "A" se realiza mensualmente. La revisión "C" se realiza anualmente (cada 12 a 18 meses para los modelos más nuevos) y requiere una concentración de personal durante los 3 a 7 días necesarios para realizarla. Para las pequeñas compañías aéreas, no es factible dotar de personal a este esfuerzo anual. Para remediar el asunto, la chequeo "C" se divide en partes, llamadas fases, y cada parte se realiza por separado. Por ejemplo, un chequeo "C" podría dividirse en cuatro fases (C1, C2, C3 y C4), cada una de las cuales se llevaría a cabo cada 3 meses hasta que se realizara la chequeo "C" completa. Una compañía aérea puede dividir la revisión "C" en 12 paquetes y realizar un paquete al mes junto con cada revisión "A" programada. En cualquiera de los dos casos, la utilización del personal es más constante a lo largo del año, los chequeos se realizan dentro del plazo establecido y la carga de trabajo de la aerolínea se estabiliza.

La responsabilidad de seleccionar las tareas a realizar, de empaquetar las tareas en paquetes de chequeo factibles y de garantizar que se cumplen todos los límites de las tareas (tiempo, ciclos, etc.) recae en el departamento de ingeniería. La programación real de los chequeos para cada avión es una función del departamento de planificación y control de la producción (véase el capítulo 9).

Las tareas realizadas por el mantenimiento en cualquiera de estas comprobaciones pueden ser bastante detalladas. Para garantizar que se realicen correctamente, se entregan hojas de ruta a los mecánicos. Muchas compañías aéreas utilizan tarjetas de tareas producidas por los fabricantes de aviones y otras escriben sus propias tarjetas. Otras elaboran una combinación de ambas. Sea cual sea el método que se utilice, es responsabilidad de ingeniería desarrollar estas tarjetas de tareas, reunirlas en paquetes adecuados y garantizar que estén actualizadas y sean eficaces.

#### DESARROLLAR UN MANUAL DE POLÍTICAS Y PROCEDIMIENTOS TÉCNICOS PARA M&E

Este documento contiene toda la información necesaria para describir la organización de M&E y sus responsabilidades. Identifica la estructura organizativa, proporciona información sobre los deberes y las responsabilidades del personal y las organizaciones clave, y ofrece una serie de mapas y esquemas de las instalaciones de la compañía. También ofrece descripciones detalladas de cómo se va a llevar a cabo el trabajo, quién lo va a realizar y cómo se va a gestionar, inspeccionar y liberar (si procede). El departamento de ingeniería se encarga de elaborar este documento con las aportaciones de las demás unidades de M&E.

La FAA define los requisitos mínimos para el manual en la norma FAR 121.369, pero deben considerarse políticas y procedimientos adicionales que proporcionen instrucciones completas al personal de mantenimiento e ingeniería para la realización de su trabajo. El manual puede ser un documento único en forma de hojas sueltas, puede ser una serie de documentos separados o puede ser un conjunto de múltiples volúmenes. El capítulo 5 ofrece un esquema de un TPPM típico.

#### EVALUAR LOS CAMBIOS EN EL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

De vez en cuando habrá problemas con la eficacia del programa de mantenimiento. Las tareas individuales pueden ser ineficaces o menos que adecuadas. Algunas tareas de MRB eliminadas del programa original pueden, en retrospectiva, necesitar ser reinsertadas. En algunos casos, puede ser necesario o deseable acortar o ampliar los intervalos entre las tareas repetitivas para mejorar el rendimiento general o reducir los fallos en servicio de un sistema o componente. Este ajuste del programa de mantenimiento es tarea del personal de ingeniería. La recopilación de datos por parte de la organización de fiabilidad y el análisis del problema por parte de ingeniería son necesarios para llevar a cabo esta función.

#### EVALUAR LOS CAMBIOS EN LA CONFIGURACIÓN DEL AVIÓN O DEL SISTEMA

De vez en cuando, los fabricantes de aviones, motores y componentes desarrollan modificaciones y mejoras para sus respectivos sistemas, cuyo objetivo es mejorar las operaciones, la fiabilidad y/o los procesos de mantenimiento. Éstas se publican como boletines de servicio (SB) o cartas de servicio (SL). Si se trata de un problema de seguridad o de aeronavegabilidad, la modificación puede ser emitida por la FAA como una directiva de aeronavegabilidad (AD).

Dado que los boletines de servicio y las cartas de servicio no son requisitos de la FAA, la compañía aérea tiene la opción de incorporar o ignorar la modificación. Muchas aerolíneas incorporarán estas sugerencias de buena fe; otras las ignorarán. Sin embargo, para la mayoría de los operadores, el departamento de ingeniería de la aerolínea evaluará la viabilidad de la incorporación. Estudiarán el coste de la incorporación y los beneficios en términos de reducción del mantenimiento, mejora del rendimiento o comodidad de los pasajeros (o cualquier combinación de estos) y, basándose en este análisis de costes y beneficios, tomarán la decisión de incorporar o no incorporar.

Las directivas de aeronavegabilidad son obligatorias, por lo que no es necesario que la ingeniería evalúe el cambio. Sin embargo, se requerirá que la ingeniería proporcione la información que necesita el mantenimiento para llevar a cabo la modificación, independientemente de si se trata de una AD, SB o SL. Esto se logrará mediante la emisión de una instrucción detallada producida en forma de orden de ingeniería (EO) que se discute a continuación.

#### EVALUACIÓN DE LOS NUEVOS AVIONES INCORPORADOS A LA FLOTA

Una de las principales funciones de la ingeniería es evaluar los nuevos equipos para la aerolínea. Cuando los empresarios de la aerolínea deciden ampliar la operación, una de las primeras cuestiones a resolver es "¿Qué combinación de avión/motor debemos comprar?" Parte de esta decisión se basa en las rutas que se van a volar, las ciudades de destino, la cuota de mercado prevista y, por supuesto, el coste del equipo frente a los ingresos previstos. Se trata de decisiones operativas y empresariales basadas en las condiciones del mercado y en las metas y objetivos de la aerolínea.

Otra parte importante de la decisión, sin embargo, es "¿Cuál es el mejor equipo que se puede comprar desde el punto de vista del mantenimiento y la ingeniería?" Ambas decisiones, la comercial y la técnica, deben conciliarse para satisfacer los objetivos generales de la aerolínea. En este punto, para el presente curso de estudio, omitiremos la decisión comercial y nos concentraremos en la decisión técnica.

Supongamos que hay que elegir entre dos nuevos modelos, ambos bimotores, el Boeing 767 y el Airbus A330. Hay que responder a una serie de preguntas sobre el mantenimiento.

¿Qué motores están disponibles para estos modelos? ¿Son iguales o similares a los motores de la flota actual de la aerolínea? Esto es importante porque puede ser necesario contar con instalaciones adicionales de mantenimiento y pruebas para estos nuevos motores. El coste y la viabilidad de esto es muy importante. Las necesidades de formación de los mecánicos de motores y también hay que tener en cuenta las necesidades de formación de los mecánicos de motores y de personal adicional (si se requiere alguno).

¿Cuál es el alcance de estos aviones? ¿Necesitará la aerolínea situar a su propio personal de línea en las estaciones externas o disponer de personal contratado en el emplazamiento para apoyar el mantenimiento o los cambios en estos nuevos modelos? ¿Puede el personal de las estaciones externas manejar estos nuevos aviones? ¿Pueden hacerlo con o sin formación adicional? ¿O con una formación mínima de actualización? ¿Qué nuevas tecnologías se incluyen en estos nuevos modelos? ¿Son suficientes los conocimientos del personal actual de mantenimiento e ingeniería para mantener estos aviones o necesitarán formación adicional? ¿Personal adicional? ¿Implicará esto una amplia formación o sólo una "formación por diferencias"? Basándose en el conocimiento actual de los programas de mantenimiento de estos dos modelos de avión, ¿serán las revisiones programadas compatibles con los programas actuales (es decir, los ciclos de revisión) de la flota existente? ¿Qué cambios habrá que hacer (si los hay) en las actividades de mantenimiento actuales (espacio en el hangar, planificación de la producción, línea de vuelo, MCC)?

*planificación de la producción, línea de vuelo, MCC) para acomodar el nuevo modelo? ¿Se necesitará equipo de apoyo en tierra (GSE) adicional para estos nuevos aviones? En caso afirmativo, ¿qué equipo? ¿Serán adecuados los hangares existentes para estos aviones? ¿Habrá que modificarlos o se necesitará un nuevo hangar? Este puede requerir la colaboración de constructores o contratistas externos. ¿Cuál será la mayor necesidad de almacenamiento de repuestos y repuestos en la base de operaciones y en las estaciones externas para apoyar a los nuevos aviones? Esto podría implicar una inversión financiera considerable para los repuestos que no son comunes a la flota existente. ¿Cuál es la experiencia de la industria en estos dos modelos en relación con el apoyo al mantenimiento (es decir, la disponibilidad de repuestos, la entrega de repuestos, las tasas de fracaso, las tasas de eliminación, la cantidad de mantenimiento requerido)?*

*Estas y otras cuestiones deben ser consideradas por el departamento de ingeniería, con aportaciones de otras unidades dentro de M&E, antes de tomar la decisión de qué avión debe comprarse. Este análisis preliminar debe incluir información sobre los costes, así como los requisitos de formación y los plazos de actualización de las instalaciones y el personal. Una vez tomada la decisión sobre el avión y el motor que se va a comprar, el departamento de ingeniería debe elaborar estimaciones más detalladas e idear planes de ejecución para todos los aspectos de la integración del nuevo modelo en el plan de mantenimiento. Estos esfuerzos también deben incluir datos sobre el número de aviones que se van a comprar y el calendario de entrega.*

#### **EVALUACIÓN DE LAS AERONAVES USADAS QUE SE AÑADIRÁN A LA FLOTA**

*Si la aerolínea contempla la compra o el arrendamiento de aviones usados a otra aerolínea u organización de arrendamiento, deben considerarse otros elementos, además de los mencionados anteriormente, relativos a las diferencias de equipamiento con respecto a la flota existente. Estos elementos incluirían información como la configuración actual del avión, incluido el tipo de motor; el programa de mantenimiento y el calendario de revisiones que utiliza el operador actual; el estado de las modificaciones (ADs y SBs). ¿Son estos requisitos iguales, similares o diferentes a los del equipo actual de su aerolínea? ¿Cómo afectará esto a la formación, al apoyo de mantenimiento, al apoyo de material, a las actividades en el exterior, etc.? Si los aviones van a ser alquilados, ¿qué normas de modificación y configuración debe cumplir el operador; el arrendador? ¿Qué configuración debe tener el avión al finalizar el contrato de arrendamiento?*

*Nota: Ha habido casos en los que un avión en configuración ETOPS1 fue arrendado a un operador que no voló el avión en servicio ETOPS y, por lo tanto, no se mantuvo al día con las nuevas modificaciones ETOPS. Cuando se devolvió el avión al final del contrato de arrendamiento, la compañía aérea descubrió que era responsable de devolver el avión a la configuración ETOPS a su cargo.*

*El estado de la aeronave a la finalización del contrato de arrendamiento y a la devolución al arrendador debería estar claramente establecido y comprendido en la firma de dicho contrato. El estado (estado de los ADs, SBs, configuración) así como quién es el responsable de realizar los ajustes necesarios -arrendador o arrendatario- deben quedar claramente establecidos desde el principio.*

#### **EVALUACIÓN DE LOS NUEVOS EQUIPOS DE APOYO EN TIERRA**

*A menor escala, el departamento de ingeniería también deberá evaluar la necesidad de nuevos equipos de apoyo a las aeronaves añadidas a la flota. Esto incluiría herramientas, equipos de prueba, soportes, carros eléctricos y neumáticos, calentadores, barras de remolque, tractores, etc. Algunos equipos existentes pueden o no ser utilizables con los nuevos modelos de aviones (comprados o alquilados). En algunos casos, el GSE, aunque utilizable, puede no estar disponible en cantidad suficiente para servir al aumento de la flota. En estos casos sería necesario realizar una compra adicional.*

#### **DESARROLLO DE NUEVAS INSTALACIONES PARA M&E**

*A veces, es necesario que la aerolínea construya nuevas instalaciones o amplíe las existentes para apoyar nuevos equipos, la expansión de la aerolínea o los esfuerzos de modernización. Esto incluiría proyectos como hangares, instalaciones de prueba de motores, talleres de componentes, instalaciones de almacenamiento para diversos tipos de equipos y almacenamiento de repuestos especiales. El departamento de ingeniería no participará (normalmente) en el diseño y la construcción de estas nuevas instalaciones. Eso se contratará a empresas más adecuadas. Sin embargo, el departamento de ingeniería tendrá una considerable participación en el diseño en términos de requisitos. Un hangar, un taller o cualquier otra instalación debe diseñarse para el uso expreso de la aerolínea y de las organizaciones de M&E que lo ocuparán. Por lo tanto, el departamento de ingeniería actuará como enlace entre los usuarios y los diseñadores y constructores para garantizar que el producto final sea aceptable.*

## EMISIÓN DE ÓRDENES DE INGENIERÍA

Cualquier trabajo realizado por el departamento de mantenimiento en forma de comprobaciones estándar -diario, 48 horas, tránsito, chequeo "A", chequeo "C"- se realiza por órdenes permanentes del vicepresidente de mantenimiento e ingeniería, tal y como se identifica en la sección de mantenimiento de las especificaciones de operaciones. Cualquier trabajo no incluido en estas comprobaciones estándar debe asignarse por orden de ingeniería. Algunas compañías aéreas pueden llamar a este documento con otro nombre, como orden de trabajo, orden técnica o autorización de ingeniería (EA). Esta OE es desarrollada por ingeniería, con aportaciones de los centros de trabajo apropiados, para definir el alcance del trabajo y programarlo. El trabajo realizado como resultado de las SB, SL, AD, y todo el trabajo resultante de la evaluación de los problemas definidos por las investigaciones de fiabilidad o los informes de control de calidad, se emitirá en una orden de ingeniería. Todos los puestos de trabajo implicados en el proyecto concreto se definirán en la OE: mantenimiento (línea, hangar o taller, según corresponda); material (para repuestos, suministros, herramientas); control de calidad (inspección del trabajo, si es necesario); formación (de recuperación, de mejora o de nuevo curso). El departamento de ingeniería publica la OE después de que todas las organizaciones implicadas (mantenimiento, material, planificación, etc.) hayan aceptado su contenido. A continuación, Ingeniería hace un seguimiento del progreso del trabajo y cierra la OE cuando todo ha sido completado. En algunos casos, se realizan modificaciones en la flota de la compañía aérea, ya sea por directiva o por iniciativa propia. Estas "campañas de flota" también se controlan mediante OE. Estas OE no pueden cerrarse hasta que se haya trabajado en toda la flota. La preparación de una OE se analiza al final del capítulo.

## PROPORCIONAR ASISTENCIA EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DIFÍCILES

Los problemas cotidianos con los que se encuentran los mecánicos en la línea, en el hangar y en los talleres, suelen ser rutinarios y requieren respuestas bien definidas. A veces, los problemas son más esquivos y el mecánico debe aplicar sus habilidades de localización de averías para resolver el problema. Cuando el problema se escapa a la experiencia del mecánico, se puede contar con la ayuda del departamento de ingeniería para llegar al fondo del problema. Esta asistencia puede prestarse al personal de la línea, del hangar y del taller, así como a los proveedores que gestionan las reclamaciones de garantía o que trabajan por contrato. Los proveedores de repuestos que realizan reparaciones en unidades rotables y los contratistas que realizan el mantenimiento de terceros también pueden requerir la asistencia de ingeniería. Hay que tener en cuenta que ésta no es la responsabilidad principal de ingeniería y que sólo debe utilizarse en circunstancias difíciles. La ingeniería no sustituye ni reemplaza al mantenimiento.

## OTRAS FUNCIONES DE INGENIERÍA

El departamento de ingeniería también puede aportar su experiencia a la formación, al material, a la biblioteca técnica o a cualquier otra organización de M&E que necesite ayuda técnica. Se les considera los expertos técnicos de la organización y están disponibles para prestar asistencia técnica a cualquier persona de la aerolínea que la necesite.

## PREPARACIÓN DE PEDIDOS DE INGENIERÍA

Ingeniería inicia una orden de ingeniería para cualquier trabajo no incluido en los planes del programa de mantenimiento estándar según lo establecido por las especificaciones de operaciones. Sin embargo, la necesidad de una OE puede generarse a partir de diversas fuentes. Su implementación también puede tomar varios caminos dependiendo del tipo y la complejidad del trabajo en cuestión. Por ejemplo, las OE relacionadas con modificaciones de mantenimiento y otras directivas (AD, SB, SL, etc.) serán programadas por la organización de planificación (PP&C). Otros problemas pueden requerir cambios en el programa de mantenimiento (intervalos, tareas, etc.); cambios en los procesos; actividades de adquisición de repuestos; o pueden requerir formación (actualización o perfeccionamiento; en el aula o en el trabajo). En estos casos, la OE puede emitirse directamente a la unidad o unidades de M&E implicadas. Los ocho pasos siguientes generalizan el proceso:

1. La decisión de realizar un trabajo se basa en uno de los siguientes aspectos: alerta del programa de fiabilidad; necesidad de mano de obra (QA, QC, jefe de mantenimiento o mecánico); una campaña AD, SB, SL o de flota.
2. La ingeniería analiza los requisitos del trabajo (problema y solución): localizar o investigar el problema para determinar el alcance y las necesidades; analizar el AD, SB, SL, etc. si es aplicable para los requisitos de tiempo, personal, etc.
3. Determina el enfoque a seguir: incorpora el trabajo a la comprobación de PP&C o a otra actividad de mantenimiento programada o no programada; programa otras acciones correctivas según sea necesario; emite OE según sea necesario.

4. Identificar las necesidades de programación y realización de los trabajos: estudios de ingeniería, planos, etc.; la necesidad de habilidades especiales, si las hay (internas o contratadas); la necesidad de repuestos y suministros (a mano o pedidos, considerar el tiempo de entrega); determinar la necesidad y disponibilidad de herramientas especiales y/o equipos de prueba necesarios.

5. Identificar el trabajo requerido: personal (mantenimiento, ingeniería, contrato, etc.); instalaciones (espacio en el hangar, GSE, etc.); requisitos de tiempo para el trabajo a realizar.

6. Convocar una reunión de coordinación para ultimar la OE (si es necesario): todas las organizaciones implicadas en el trabajo; coordinar y resolver las dificultades.

7. Emitir la orden de ingeniería: PP&C planificará el trabajo y supervisará la ejecución; o la OE puede ir directamente a material, formación, etc., según sea necesario.

8. Ingeniería cierra la OE cuando todo el trabajo ha sido completado: la notificación proviene de cada centro de trabajo involucrado en la OE particular; para campañas de flota, ADs, etc. que involucran flotas enteras, la OE permanece abierta, PP&C programa cada aeronave para su incorporación; ingeniería cierra la OE cuando la flota está completa.

## CAPÍTULO 9

### PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN

#### INTRODUCCIÓN

La planificación y el control de la producción (PP&C), debido a su papel clave en la planificación y la programación, es el corazón de la organización de mantenimiento e ingeniería (M&E). Aunque el título de PP&C es común en toda la industria de las aerolíneas, las actividades que realmente se realizan a veces están lejos de la noción ideal de lo que debería ser PP&C. La organización de PP&C es la principal responsable de planificar y programar toda la actividad de mantenimiento de las aeronaves dentro de la aerolínea.

#### ORGANIZACIÓN DE PP&C

El trabajo de planificación puede ser realizado por un grupo de PP&C centralizado o descentralizado. En el grupo centralizado, todas las funciones -previsión, planificación y control- se realizan dentro de la organización, con enlaces a los centros de trabajo durante la realización real del trabajo. En una organización parcialmente descentralizada, la previsión y la planificación serían realizadas por PP&C, y el control lo realizaría el personal del hangar u otros centros de trabajo. En algunas compañías aéreas, la función de PP&C está totalmente descentralizada. Es decir, toda la planificación y el control son realizados por cada centro de trabajo. Si la estructura y el tamaño de la aerolínea son tales que la planificación debe ser realizada por los centros de trabajo individuales en lugar de un grupo centralizado, debe haber alguna coordinación y control a nivel de la organización de M&E.

La organización de M&E suele estar dirigida por el vicepresidente de mantenimiento e ingeniería. El departamento de planificación y control de la producción suele depender del vicepresidente de M&E. El departamento de PP&C suele estar supervisado por un gerente, seguido por el planificador de mantenimiento y el planificador de largo alcance.

#### DIRECTOR DE PP&C

El director de PP&C suele ser responsable del departamento de planificación y de sus funciones. Esto incluye asegurarse de que todas las actividades de planificación de mantenimiento e inspección asignadas se lleven a cabo de acuerdo con la política de la aerolínea, las FAR y los programas de mantenimiento requeridos por la compañía. El gerente de PP&C debe tener la capacidad interfuncional de trabajar con otros departamentos dentro de la organización de la aerolínea; planificar, coordinar y dirigir las aeronaves a las bases de mantenimiento de manera oportuna; y tomar las medidas apropiadas y necesarias que puedan afectar al funcionamiento diario de la aerolínea.

#### PLANIFICADOR DE MANTENIMIENTO, PP&C

Los planificadores de mantenimiento están asignados a diferentes bases de mantenimiento. Un planificador de mantenimiento puede hacer un seguimiento de dos o tres bases de mantenimiento diferentes y normalmente es el contacto de las bases de mantenimiento para la planificación de los horarios. La función principal del planificador de mantenimiento es desarrollar todo el trabajo programado y/o el alcance del trabajo necesario para todas las aeronaves de mantenimiento de línea y mantenimiento de hangar. El planificador de mantenimiento tiene el deber de seguir y supervisar la realización de todos los trabajos planificados asignados a una base de mantenimiento y a la aeronave. El

*planificador de mantenimiento coordina la ruta de las aeronaves a la base de mantenimiento y también coordina con el departamento de almacenes cualquier logística necesaria para la planificación del mantenimiento.*

#### **PLANIFICADOR DE LARGO ALCANCE, PP Y C**

*El planificador a largo plazo se encarga de la planificación y previsión a corto y largo plazo del mantenimiento de las aeronaves, que consiste en el chequeo "C" y los chequeos de las visitas a la base principal, la reparación estructural (fatiga, grietas, corrosión), la pintura, la devolución del arrendamiento, la jubilación y las próximas directivas de aeronavegabilidad (AD). El planificador de largo alcance diseña el plan de trabajo, comprueba la disponibilidad logística y decide qué instalación puede realizar mejor las reparaciones y modificaciones debido a su capacidad y a la ubicación de la aeronave. Si es necesario, el planificador de largo alcance traslada la aeronave a una instalación para realizar el mantenimiento necesario y se asegura de que todo el trabajo se realice de acuerdo con la política y el manual de la empresa y de que el AD se acredite por el trabajo realizado satisfactoriamente.*

#### **LA FUNCIÓN DEL DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN**

*El título PP&C es un poco engañoso. Implica dos funciones: planificación y control. En realidad, PP&C tiene tres funciones: previsión, planificación y control. Las actividades de previsión incluyen la estimación de la carga de trabajo de mantenimiento de la flota existente, la creación de planes de negocio, y estar al tanto de cualesquiera cambios en el periodo de previsión. La planificación consiste en programar el próximo mantenimiento, e incluye la planificación y programación de los detalles (mano de obra, repuestos, instalaciones) y los requisitos de calendario para dicho mantenimiento: elementos de chequeo menos de "A", diarias, de 48 horas y de carta. Estos planes incluirán la incorporación de los SB, las directivas de campaña de la flota (FCD), SL y AD, así como otras tareas de mantenimiento, como cambios de motor, cambios de boquilla de combustible, cambios de marcha y cambios de generador que las compañías aéreas consideren necesarias. Sin embargo, el plan es algo idealizado. Durante la realización real del mantenimiento, ocurren muchas cosas que requieren alterar el plan. La función de control permite ajustar el plan y mantiene (o intenta mantener) un control sobre la programación. Existen varios métodos para ajustar el plan, como el aplazamiento del mantenimiento para un chequeo posterior, la incorporación de personal para completar el trabajo o la subcontratación de un contratista. La información obtenida de un control permite a la PP&C ajustar el esfuerzo de planificación para futuros controles. Hay un viejo refrán que capta la esencia de la PP&C: "Planifica tu trabajo y trabaja tu plan". y trabaja tu plan". El aspecto de la planificación de la producción de PP&C se encarga de la planificación. Es el primer paso para realizar el trabajo y debe preceder siempre a la acción. Sin la planificación, la acción sería impulsiva y produciría resultados imprevisibles. El aspecto de control de la producción de PP&C "trabaja el plan". La fase de control comienza con una reunión de todas las unidades de trabajo implicadas antes de que se finalice el plan. Los esfuerzos de control continúan durante la realización del trabajo e inmediatamente después. De este modo se garantiza el cumplimiento del plan en la medida de lo posible y se toman medidas cuando sea necesario para ajustar el plan según indiquen las desviaciones y circunstancias que invariablemente se producen durante las actividades del mundo real.*

*La figura 9-12 muestra cómo se desarrolla el trabajo en un proyecto típico con y sin una planificación adecuada. La planificación preliminar consiste en el desarrollo del programa de mantenimiento y su cronograma establecido por la sección de ingeniería, así como los esfuerzos de planificación de cheques individuales de PP&C. Una vez iniciada el chequeo, el trabajo avanza sin problemas. Este enfoque adecuado se muestra en la línea de puntos. Sin la planificación previa de PP&C, el esfuerzo de ejecución, como muestra la línea continua, se va hinchando a medida que avanzan los trabajos, sobre todo debido a imprevistos y retrasos.*

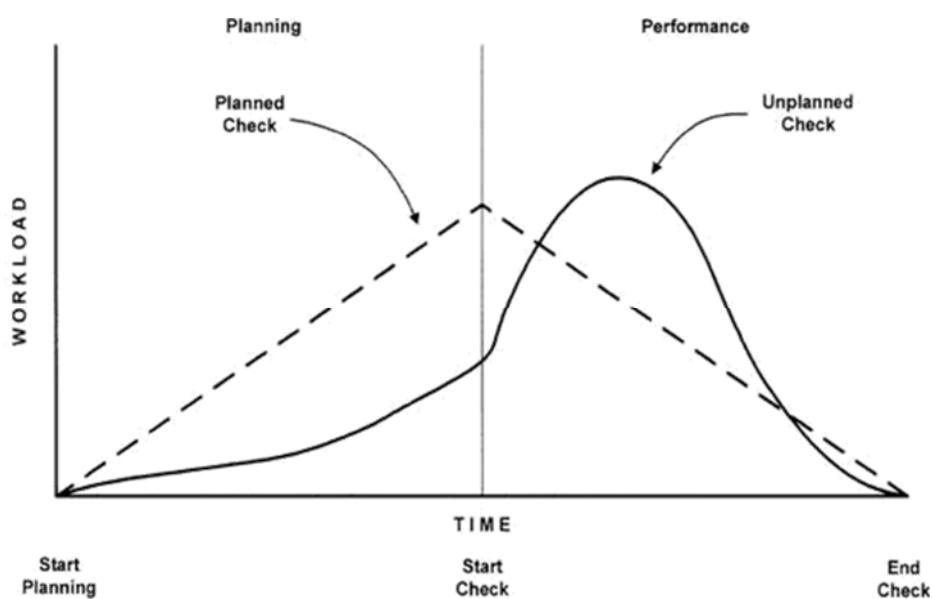


Figura 9-1 La importancia de la planificación

Para ilustrar esto, tomemos el ejemplo de la primera chequeo "C" realizada por un nuevo operador en un avión bimotor. Normalmente, este chequeo tardaría 4 o 5 días, dependiendo de los horarios de los turnos. Una compañía aérea (sin nombre) abordó la tarea de la siguiente manera. Una semana antes de la revisión, la dirección sacó el documento MPD del avión de la estantería para ver qué se necesitaba para la revisión "C". Descubrieron que, sin una planificación previa adecuada, no podían completar la chequeo en 5 días. En su lugar, tardaron 4 semanas en realizar el chequeo. Ese día aprendieron una valiosa lección: "Planifica tu trabajo y luego trabaja tu plan".

Los objetivos del PP&C son (a) maximizar la contribución de M&E a la aerolínea; (b) planificar y organizar el trabajo antes de la ejecución; y (c) ajustar los planes y calendarios para satisfacer los requisitos cambiantes. Se hablará de la previsión, la planificación y el control. A continuación, consideraremos las ventajas y desventajas de los distintos esquemas organizativos de PP&C.

El PP&C también hace un seguimiento de las repuestas prestadas o tomadas en préstamo de otras aerolíneas o de los proveedores de reparaciones de la flota de la aerolínea. Una vez que la pieza está disponible, es responsabilidad de PP&C asegurarse de que la pieza prestada se sustituye y se devuelve a la otra aerolínea o al proveedor con la documentación necesaria, que indica el tiempo utilizado y el tiempo de servicio disponible.

## PREVISIÓN

La previsión se refiere a la carga de trabajo futura de la organización de PP&C. El departamento de PP&C es responsable de revisar y proporcionar el próximo mantenimiento de la flota de aviones. Esto requiere la planificación de la carga de trabajo, el establecimiento de objetivos, la ejecución y el seguimiento. También debe tener en cuenta las necesidades de mantenimiento rutinario y no rutinario, así como los cambios previstos en las operaciones futuras relativas al mantenimiento. Se hace un seguimiento de cualquier cambio en el tamaño de la flota, la estructura rutinaria, las instalaciones, la mano de obra o los requisitos de habilidades. Los planes futuros también pueden tener en cuenta el envejecimiento y la sustitución de los equipos, el programa de control de la prevención de la corrosión, la adición de nuevos equipos, la modificación de los equipos y las próximas AD y SB. Las actividades de M&E cambiarán a medida que cambien estos activos y requisitos. La función de previsión garantiza que M&E y PP&C estén al día de estos cambios y preparados para ajustar sus procesos y procedimientos en consecuencia.

Las previsiones suelen hacerse a largo y corto plazo, pero a menudo también se hace una previsión a medio plazo. La previsión a largo plazo sería de 5 a 10 años. Los cambios previstos por la compañía aérea a largo plazo afectarán a las actividades de mantenimiento e ingeniería. Estos cambios tendrán un impacto en la programación, el presupuesto, la formación, la mano de obra y las instalaciones dentro de M&E. Para que M&E pueda alcanzar sus metas y objetivos, es necesario realizar ajustes en todas estas áreas, por lo que hay que planificar con antelación para adaptarse a la creciente (o decreciente) aerolínea. Esta previsión a largo plazo es de carácter general y está sujeta a revisión anualmente.

Las previsiones a corto plazo son más detalladas y suelen abarcar de 1 a 2 años. Estas previsiones contienen planes más definitivos, prestando atención a las cifras reales de personal y presupuesto. En los planes a corto plazo se concretan los calendarios de los chequeos y las modificaciones conocidas.

Las compañías aéreas más grandes también pueden elaborar previsiones intermedias para períodos de 2 a 5 años. De este modo, las tres previsiones proporcionan un plan continuo de seguimiento de M&E en un esfuerzo por mantenerse al día con los cambios en el clima operativo y estar preparados para cambiar las actividades de M&E, en consecuencia.

## PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

Mientras que la previsión es a largo plazo y general, la planificación se ocupa de las actividades diarias de M&E. El objetivo de M&E es entregar al departamento de vuelo vehículos en condiciones de volar a tiempo para cumplir con el programa de vuelo, con todas las actividades de mantenimiento realizadas o debidamente aplazadas. En términos empresariales, esto es lo que "producimos": vehículos aptos para el vuelo con todas las actividades de mantenimiento debidamente realizadas. Por lo tanto, las actividades de mantenimiento en línea, en el hangar y en el taller constituyen el aspecto de producción de M&E. La planificación de la producción, por tanto, es la planificación de ese trabajo teniendo en cuenta los objetivos establecidos.

Ingeniería ha desarrollado el plan de mantenimiento a partir del documento MRB u Ops Specs y ha dividido el trabajo en los paquetes de trabajo apropiados, identificando las tareas a realizar, los intervalos en los que se harán y los requisitos de mano de obra para cada tarea. El calendario del paquete de chequeo para una típica compañía aérea de tamaño medio se muestra en la Tabla 9-1. La planificación debe ahora tomar este paquete de ingeniería y planificar, programar y ajustar el trabajo para cada chequeo y para cada aeronave, añadiendo las tareas adicionales que sean necesarias. Las horas-hombre estimadas se muestran en la Tabla 9-2 para nuestra aerolínea de tamaño medio.

TABLA 9-1 Programa de chequeo de mantenimiento de aeronaves (Ejemplo típico de A/L)

	747-400	747-200/300	DC-10-30	A300B4	F50
Transit check	At each stop whenever aircraft is in transit				
Daily check	Before first flight or whenever aircraft is on ground more than 4 hours				
"A" check	Every 600 FH	Every 500 FH or 7 Weeks	In 3 parts A1, A2, A3 465 FH or 9 weeks	In 4 parts A1, A2, A3, A4 Every 385 FH or 11 weeks	Every 650 FH or 4 months
"B" check	In 2 parts B1, B2 Every 1200 FH	In 2 parts B1, B2 Every 1000 FH	None	None	Every 1300 FH or 8 months
"C" check	In 2 parts C1, C2 Every 5000 FH or 18 months	Every 4650 FH or 24 months	In 2 parts C1, C2 Every 4500 FH or 20 months	In 2 parts C1, C2 Every 3000 FH or 18 months	In 2 parts C1, C2 Every 4000 FH or 25 months
"D/HMV" check	First check done between 25K & 27.5K FH Subsequent every 25K FH or 6 years	First check at 25K FH or 6 years Subsequent every 20K FH or 5 years	Every 20K FH or 6 years	Every 12K FH or 4 years	In 2 parts H1, H2 Every 12K FH or 6 years

FH: horas de vuelo; HMV: visita de mantenimiento pesado.

NOTA: Algunos documentos de planificación de mantenimiento del fabricante no tienen revisiones "B" especificadas. Las aerolíneas, sin embargo, pueden identificar sus propias comprobaciones o identificar las existentes con cualquier nombre o letra que elijan.

El programa anterior fue tomado de una aerolínea internacional con una flota de 30 a 40 aviones. Se ha modificado ligeramente para ilustrarlo.

Cuando se indican las horas de FH y de calendario, el chequeo se realizará en el momento que se produzca primero.

Cuando los chequeos se dividen en partes, por ejemplo, "B1, B2 cada 1000 FH", B1 se realizará a las 1000 FH y B2 a las 2000 FH. Este patrón se repite para que cada parte se haga a intervalos de 2000 FH.

A/C type	Check type	Routine	Variable routine	Nonroutine	Total
747-400	A	100	—	—	100
	B	300	300	600	1200
	C	900	810	1710	3420
	D (HMV)	4000	20,000	36,000	60,000
747-200/300	A	300	150	450	900
DC-10-30	A	410	369	467	1246
	C	1800	1260	2142	5202
HMV					
A300B4	A	550	220	539	1309
	C	1600	1120	2176	4896
	D (HMV)				
F50	A	71	71	142	284
	B	300	90	234	624
	C	930	465	1116	2511
	D (HMV)	2119	1060	2861	6039

## TABLA 9-2 Promedio de horas-hombre del paquete de chequeo (ejemplo)

Algunas comprobaciones no las realiza la compañía aérea. Los chequeos se contratan o los aviones se alquilan y el propietario las realiza. Además, las aeronaves pueden ser bastante nuevas y no hay que hacer comprobaciones D o HMV en ese momento.

Los tiempos requeridos variarán de un chequeo a otro dependiendo de muchos factores, tal y como se comenta en el curso.

La planificación de la producción implica la planificación de todas las actividades de mantenimiento: comprobaciones diarias, de 48 horas y de tránsito; comprobaciones de cartas; y modificaciones debidas a directivas de aeronavegabilidad, boletines de servicio, cartas de servicio y órdenes de ingeniería. También implica la planificación y programación de todos los aspectos de estas comprobaciones, incluyendo la mano de obra, los repuestos, los suministros y las instalaciones. La coordinación con las operaciones de vuelo y con las actividades de asistencia y apoyo en tierra también se incluye en el esfuerzo de planificación.

Los chequeos diarios, de 48 horas y de mantenimiento de línea normal suelen estar estandarizadas y no requieren más esfuerzo por parte de PP&C que la programación. Los paquetes de trabajo apropiados son desarrollados por ingeniería y emitidos según sea necesario para los chequeos requeridos. El mantenimiento de la línea suele ser responsable de estas comprobaciones, y las tareas rutinarias son administradas por el centro de control de mantenimiento. La unidad de PP&C se limita a supervisar esta actividad. Las tareas adicionales, cuyos intervalos son inferiores al chequeo "A", suelen añadirse a estas comprobaciones o ser realizadas simultáneamente por un equipo de trabajo independiente. Ocasionalmente, las SB y otras modificaciones, si son sencillas y requieren poco tiempo, se incluirán (por EO) en los chequeos de la línea. Esta planificación y programación será realizada por PP&C con la cooperación de MCC y el mantenimiento de la línea para su implementación.

Todos los chequeos "A" y superiores son planificadas, programadas y coordinadas por PP&C, y su contenido varía de un chequeo a otro. Estas actividades son más complicadas que los chequeos de 48 horas y de tránsito, por lo que la planificación se inicia con bastante antelación al chequeo real. En el caso de los controles "A", la planificación comienza entre una y dos semanas antes del control programado. En el caso de los controles "C", la planificación comienza con unas 4 semanas de antelación. En algunos casos, como la incorporación de SBs o ADs, el plazo de disponibilidad de los repuestos puede requerir que la planificación de estos elementos se inicie incluso antes. Trataremos estos temas a medida que vayan surgiendo. Primero veremos la planificación de las tareas programadas a intervalos inferiores a la verificación "A" y diremos unas palabras sobre las verificaciones múltiples antes de abordar las verificaciones "A" y "C" propiamente dichas.

### TAREAS DE MANTENIMIENTO A INTERVALOS INFERIORES A LA COMPROBACIÓN "A"

Algunos elementos de mantenimiento del informe MRB están designados para un tiempo y unos ciclos inferiores al ciclo de verificación "A". La unidad de PP&C es responsable de emitir programas semanales, quincenales o diarios para estos elementos a la organización de mantenimiento de línea para su cumplimiento oportuno. Estas tareas pueden programarse en momentos específicos de los chequeos nocturnos; en determinados plazos de entrega, si el tiempo lo permite; o incluirse en los chequeos "A" si el tiempo lo permite. Estas tareas pueden ser realizadas por el personal de mantenimiento de línea asignado a las aeronaves en los turnos normales o pueden ser asignadas a un equipo especial de personal de mantenimiento de línea que esté separado del equipo de turnos. El método depende de la aerolínea y suele estar determinado por las condiciones locales y la disponibilidad de mano de obra. Independientemente de cómo se lleven a cabo estas tareas, es responsabilidad de PP&C programarlas y hacer un seguimiento de las mismas para asegurarse de que son completado dentro del intervalo programado.

Hay un problema en el que las aerolíneas se meten a veces en relación con estas tareas de chequeo menos "A". Se trata de aplazar estas tareas día tras día, debido al trabajo apremiante de la tripulación de turno. Si estas tareas se posponen habitualmente a un momento más conveniente, el plazo de finalización se acerca cada vez más. Finalmente, la aerolínea tiene que dejar el avión fuera de servicio durante varias horas para completar el mantenimiento y no sobrepasar los límites de tiempo de la FAA. Estos retrasos pueden ser costosos.

### CHEQUEOS MÚLTIPLES

Recordará del capítulo 2 que algunos elementos del MRB se realizan a intervalos que los sitúan en una de cada dos, una de cada tres, etc. comprobaciones. Esto se aplica tanto a los chequeos "A" como a las "C". Esto significa que cada revisión "A" o "C" que se realice, dependiendo del punto del ciclo de mantenimiento en el que se encuentre la aeronave, tendrá un conjunto diferente de tareas que realizar y, por lo tanto, requerirá diferentes cantidades de tiempo, mano de obra, etc. Esta es una más de las responsabilidades de PP&C: asegurar que las partes y suministros, la mano de obra, las instalaciones y el tiempo estén disponibles para esta variación en el programa de chequeo. La Tabla 9-3 muestra un patrón típico para los chequeos múltiples "A". Estos ciclos se llevan a cabo hasta que se modifiquen mediante la aprobación de la FAA.

TABLA 9 -3 Calendario típico de comprobaciones "A" y "C" de una aeronave

Check	300	600	900	1200	1500	1800	2100	2400	2700	3000	3300
1A	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2A		X		X		X		X		X	
3A			X			X			X		
4A				X				X			
5A					X					X	
C										X	

Chequeo "A" = 300 horas.

Chequeo "C" = 3000 horas

También hay que tener en cuenta que cada control "C" incluye todos los elementos de control "A" requeridos por la tabla. En algunos casos, esto significa que puede ser necesario combinar las hojas de ruta. Por ejemplo, un chequeo "A" puede requerir una prueba operativa de un sistema mientras que la chequeo "C" requerirá una prueba funcional del mismo sistema. El manual de mantenimiento (y, posteriormente, las hojas de ruta) ofrecerán instrucciones completas para cada prueba. Sin embargo, hacer ambas cosas puede suponer una duplicación de ciertos pasos innecesarios. Estas hojas de ruta, entonces, deben ser modificadas por ingeniería o por órdenes permanentes dadas para evitar la acción innecesaria. Los elementos de chequeo "C" también pueden programarse originalmente para intervalos más largos designados como 2C (cada dos), 3C (cada tres), y así sucesivamente. Se puede elaborar un gráfico similar a la Tabla

9 -3 para los chequeos "C" múltiples para ayudar a los planificadores.

#### CHEQUEOS POR FASES

Los controles por fases son diferentes de los controles múltiples y, por lo tanto, tienen un esquema de numeración diferente (pero no demasiado diferente). Un chequeo "A" puede dividirse en dos fases, cada una de ellas realizada en noches sucesivas para minimizar el tiempo de inactividad de la aeronave y las necesidades de la tripulación de mantenimiento. Este tipo de chequeo se divide en hojas de ruta de mantenimiento de tipo zonal (tratadas en el capítulo 2). En este caso, se inspeccionan las diferentes zonas y se realiza el mantenimiento según el requisito de la hoja de ruta. Por ejemplo, las alas izquierdas y derecha y el sistema de alerones y la sección de cola se inspeccionan como un chequeo A1, y posteriormente el resto de la estructura del fuselaje se inspecciona como A2. Estas comprobaciones pueden desglosarse en diferentes partes en función del intervalo de mantenimiento previsto por el fabricante de la aeronave, adaptado por las aerolíneas y aprobado por la FAA.

Cada compañía aérea tiene una forma diferente de realizar los chequeos de las fases, los chequeos A, los chequeos B o los chequeos C. Dependiendo del tamaño de su flota y de los métodos aprobados, algunas aerolíneas han dividido los chequeos "C" en cuatro partes (C1, C2, C3 y C4) que se realizan una vez cada 3 meses, y algunas aerolíneas han dividido los chequeos "C" en 12 partes, en cuyo caso se requiere un chequeo "C" cada mes.

#### "PLANIFICACIÓN DE LOS CHEQUEOS "A"

Los chequeos "A" suelen ser rutinarias. Las tareas requeridas son definidas por ingeniería utilizando el documento MRB o Ops Specs. El tiempo, la mano de obra, los repuestos y los suministros necesarios son generalmente fijos (véase el capítulo 2 para la discusión del ajuste de las estimaciones de tiempo de las tareas del MRB). Sin embargo, hay variaciones que deben ser abordadas. Cuando hay una anotación en el registro de mantenimiento de la aeronave que no puede abordarse en el momento de la entrega o en los chequeos diarios o nocturnas, puede aplazarse hasta un momento

posterior. El aplazamiento puede deberse a la falta de repuestos, a la falta temporal de mano de obra especializada o a la falta de tiempo suficiente (en el momento en que se produce) para efectuar la resolución. En estos casos, el mantenimiento aplazado es programado por PP&C para el siguiente chequeo "A". Los repuestos, los suministros y el personal necesarios deben estar disponibles en ese momento.

La realización de un chequeo "A" también puede incluir, debido a las limitaciones de tiempo y de repuestos, algunos elementos de "revisión inferior a la "A"" (100 horas, 250 ciclos, etc.). Estos pueden estar cerca del intervalo de tiempo o de ciclos y por eso se colocan con el chequeo "A" por comodidad. Si hay SBs o SLs que no requieren mucho tiempo o partes para completar, estos también pueden ser programados para el chequeo "A".

Por lo tanto, aunque un chequeo "A" es relativamente sencilla y directa, sigue siendo necesaria cierta planificación. Dado que PP&C es responsable de esa planificación y programación, desarrollará el paquete de trabajo y lo enviará a los centros de trabajo correspondientes para su revisión unos días antes de la fecha prevista para el chequeo. De este modo, se pueden realizar ajustes en función de los cambios de circunstancias. (Este es el comienzo de la parte de parte de "control" de PP&C).

Los controles "B", si se utilizan, suelen ser similares a los controles "A", pero implican tareas diferentes, normalmente a intervalos que caen entre los controles "A" consecutivos. La planificación de estos controles es esencialmente la misma que la de los controles "A". "Planificación del chequeo "C"" suele realizarse aproximadamente una vez al año (de 12 a 18 meses en los modelos de avión más nuevos), en función del programa de vuelos de la compañía aérea. El esfuerzo de planificación es más detallado y más elaborado que para la revisión "A". Normalmente, un chequeo "C" tarda de 4 a 7 días en completarse, dependiendo del modelo y de las circunstancias. El número de turnos de trabajo, la disponibilidad de mano de obra y repuestos, y los requisitos de habilidad para el trabajo afectarán a la duración del mismo. El control constará de tres categorías de tareas: rutinarias, rutinarias variables y no rutinarias.

Las tareas rutinarias son aquellas identificadas en el documento MRB. Son elementos que deben realizarse en el intervalo especificado. Dado que algunos de estos elementos se realizan cada control "C" y otros se realizan cada segundo, tercero o cuarto control (2C, 3C o 4C), la cantidad de tiempo necesaria para realizar cada control programado variará de un control a otro. Esta programación y la variación de los requisitos de tiempo son la preocupación de PP&C.

Las tareas rutinarias variables son aquellas que varían de una revisión a otra y de una aeronave a otra. Estas tareas incluyen la incorporación de boletines de servicio y directivas de aeronavegabilidad, así como campañas de la flota, elementos aplazados de comprobaciones de mantenimiento anteriores y cualquier otra acción de mantenimiento puntual necesaria para una aeronave concreta. El tiempo necesario para realizar estas tareas suele ser fijo, por lo que estos elementos son similares a las tareas rutinarias a efectos de planificación.

Las tareas no rutinarias son aquellos elementos de trabajo que se generan por la realización de otras tareas rutinarias. Por ejemplo, si una tarea rutinaria dice que hay que inspeccionar la zona de los pozos de las ruedas en busca de fugas hidráulicas, la tarea llevará un tiempo determinado (programado). Sin embargo, si se descubre una fuga, hay que ocuparse de ella. Esto constituye la producción de una tarea de mantenimiento no rutinaria y, por consiguiente, una hoja de ruta no rutinaria. Dado que el número de tareas no rutinarias sólo puede estimarse y que la cantidad de tiempo necesaria para completar el elemento no rutinario varía en función de muchos factores, se convierte en una tarea interesante para la PP&C estimar adecuadamente el tiempo necesario para completar estos elementos no rutinarios y la chequeo completa.

A continuación, se presenta una lista de elementos que podrían incluirse en un control "C". Sin embargo, no todos ellos se incluirían cada vez.

- ❖ Elementos de chequeo "C" del programa de mantenimiento aprobado (rutinario)
- ❖ Mantenimiento diferido de la línea u otros paquetes de chequeo (rutina variable)
- ❖ Incorporación de SBs, SLs, ADs (rutina variable)
- ❖ Incorporación de modificaciones de la aerolínea y campañas de la flota (rutina variable)
- ❖ Limpieza, pintura de aeronaves (rutina variable)
- ❖ Trabajo generado por las inspecciones y elementos de rutina (no rutinario).

El trabajo de PP&C consiste en recopilar y programar estos elementos utilizando estimaciones precisas del tiempo necesario para los elementos de rutina y de rutina variable y prediciendo una cantidad razonable de tiempo para los elementos no rutinarios y otros retrasos. Una vez establecido el paquete y el tiempo estimado, PP&C debe organizar y programar todos los elementos necesarios para la correcta ejecución del paquete. Esto incluiría lo siguiente:

- ❖ Localizar y asegurar el espacio del hangar para la duración del chequeo
- ❖ Obtener la liberación del avión de las operaciones para fines de mantenimiento (esto puede ser realizado por el MCC)
- ❖ Organizar y programar el lavado de la aeronave
- ❖ Asegurar los vehículos de remolque y la mano de obra necesaria para trasladar el avión al estante de lavado y luego al hangar
- ❖ Asegurarse de que todas las repuestos y suministros necesarios para llevar a cabo la revisión estarán a mano
- ❖ Garantizar la entrega de esas repuestos y suministros en el hangar en el momento necesario
- ❖ Identificar la mano de obra y las habilidades necesarias para el chequeo

La Tabla 9-4 muestra la estimación de nuestra aerolínea típica para las horas-hombre planificadas para un chequeo "C" en el Airbus A300B4.

Work type	On-aircraft work											All Wk Ctrs	Grand Total			
	Hangar							Shops								
	AF	ENG	ELEC	INST	RADIO	AIM	LUB	UTIL	TOTAL	%	NDT	ASM	PS/FG	Total		
Routine*	71	28	19	3	3	62	7	115	308	37.71						308
Variable routine <sup>1</sup>																
SIP	18	18	2		14		15		67	7.99						67
SSI																
Component change	3						6		9	1.07						9
Eng change																
APU change																
LDG change																
SI	33	48	6	9	9	6			111	13.23	5				5	116
Modifications	23	7	32				2		64	7.63		15		15		79
EN	10	15		2					27	3.22	5			5		32
MARF																
Other	20	11	5	6	10	1	30	8	71	8.46						71
Nonroutine <sup>2</sup>	51	25	17	3	3	46	2	35	182	21.69		14	12	26		208
Total	229	152	81	23	39	123	34	158	839	100	10	29	12	51		890
Man-hours available																
Variance																

TABLA 9-4 Resumen de las horas-hombre del paquete de chequeo de la aeronave (Ejemplo de chequeo B1 para la aeronave A330)

- ❖ Tareas del MRB o de las especificaciones de operaciones.
- ❖ Tareas rutinarias que varían con la aeronave, el control y otras decisiones de planificación.
- ❖ Tareas generadas a partir de otras tareas.

Al igual que el control "A", el paquete de control "C" debe elaborarse y distribuirse a los centros de trabajo correspondientes antes del inicio de la actividad. El paquete se enviará entre una y dos semanas antes de la fecha prevista para el control. A continuación, se celebrará una reunión de todas las unidades implicadas para debatir y concretar el plan. Esto permitirá realizar cualquier cambio de última hora necesario debido a circunstancias que PP&C desconocía en el momento de la elaboración del plan. Dichas circunstancias serían las siguientes: ciertos elementos pueden necesitar más tiempo para completarse de lo que se ha programado; los elementos recientemente aplazados pueden tener prioridad; los repuestos necesarios no se han recibido; o la mano de obra puede no estar disponible por enfermedad, vacaciones, etc. El paquete de comprobación se ajustará según sea necesario. En casos excepcionales, el tiempo de la comprobación podría ampliarse un día o un turno, según sea necesario. Esto, por supuesto, tendría que ser coordinado con operaciones y la oficina de negocios para acomodar la reprogramación de la aeronave para el servicio.

El último esfuerzo de PP&C será producir el paquete de comprobación a partir de la base de datos informática (o a mano) y emitir tarjetas de trabajo para que las utilicen los AMT y los inspectores de calidad durante la comprobación. En la fecha prevista, la aeronave se lavará y entrará en el hangar y comenzará la comprobación. (En el capítulo 14 se detalla cómo se lleva a cabo este control).

## CONTROL DE PRODUCCIÓN

El plan elaborado por el PP&C permite una cierta cantidad de tiempo para el trabajo de ejecución basado en el conocimiento anterior del trabajo a realizar y también basado en la suposición de que los repuestos, los suministros, la mano de obra y las instalaciones estarán disponibles cuando se necesiten. El plan también supone que no hay variaciones en el flujo de actividad laboral. Los planificadores de PP&C sólo pueden estimar el tiempo necesario para los elementos no rutinarios, y esto puede ser poco preciso. Tomemos, por ejemplo, una tarea rutinaria que dice "comprobar si hay fugas en la línea hidráulica". Si no hay fugas, la tarea de inspección debería llevar una cantidad de tiempo específica, pero

*como no hay forma de que el planificador determine si habrá fugas o conozca el alcance de cualquier fuga encontrada, no hay forma de que estime con precisión el tiempo necesario para realizar la tarea no rutinaria de reparar las fugas. El tiempo necesario para reparar una fuga aún debe ser estimado y programado.*

*Sin embargo, gracias a la información obtenida de tareas similares en controles anteriores, el planificador puede hacerse una idea de lo que cabe esperar. Por lo tanto, es importante que las personas que realizan el trabajo y controlan la comprobación proporcionen información a la planificación para ayudarles a realizar estimaciones más precisas para el siguiente esfuerzo de planificación de la comprobación. A menudo, esto puede ajustarse durante la reunión de planificación mencionada anteriormente.*

*Una tarea rutinaria de retirada y sustitución de un elemento de tiempo duro puede durar 2 horas en circunstancias normales. En una ocasión concreta, supongamos que un perno se cizalla durante la instalación. Esto requerirá un trabajo adicional para extraer el perno roto. Es posible que no se disponga de las herramientas necesarias para ello en el lugar de la instalación, y el proceso de extracción del perno y reajuste de las roscas puede llevar un tiempo considerable. Es probable que se realice una inspección o una investigación para determinar por qué ha ocurrido esto (uso incorrecto de las herramientas por parte del mecánico, pieza debilitada, llave dinamométrica descalibrada llave dinamométrica). El tiempo transcurrido puede ser significativo y puede, debido a la ubicación de la actividad, provocar el retraso de otro mecánico en otra tarea dentro de esa misma área.*

*Todo esto es "lo normal" en el mundo real del mantenimiento. Es importante, pues, que el personal de mantenimiento lleve la cuenta del tiempo empleado en cada tarea. Aunque a los mecánicos, y a sus sindicatos, no les gusta la idea de ser cronometrados, es importante, a efectos de programación y planificación, saber cuánto tiempo debe durar un trabajo determinado, los tipos de cosas que pueden salir mal al realizar ese trabajo y el tiempo necesario para rectificar los problemas que se produzcan. Tanto la dirección como los mecánicos deben entender que algunas personas tardarán más que otras en realizar un trabajo y que la misma persona tardará más en algunos días que en otros. Esto no es inusual, es un hecho de la vida, por lo que el seguimiento del tiempo para realizar una tarea no debe utilizarse con fines disciplinarios, sino sólo con fines de planificación práctica. Los directores, los ingenieros y los mecánicos necesitan, de vez en cuando, ajustar el horario del plan por numerosas y buenas razones, y esto debe respetarse y planificarse.*

## **OTROS TRABAJOS PROGRAMADOS**

*El departamento de planificación emite un plan de trabajo diario para todas las operaciones de mantenimiento que incluye comprobaciones de mantenimiento de línea. Estas comprobaciones incluyen todos los elementos de seguridad; la inspección del interior de la cabina de la aeronave y de la cabina de vuelo; el servicio del aceite del motor; el servicio del aceite hidráulico; la comprobación del oxígeno de la tripulación y de los pasajeros; la inspección de los frenos y de los neumáticos, del ala y del fuselaje; y cualquier actualización del sistema de navegación, como los sistemas GPS y T2CAS. El departamento de planificación también supervisa todos los elementos MEL, CDL y NEF y las tendencias de consumo de aceite del motor. El programa de control del consumo de aceite de los motores exige que se realice una comprobación del nivel de aceite de la aeronave antes de la salida diaria. El departamento de planificación se encarga de supervisar el trabajo realizado y de actualizar las estaciones de mantenimiento según sea necesario.*

## **INFORMACIÓN PARA PLANIFICACIÓN**

*Una aeronave no genera ningún ingreso mientras está en tierra; tomarse todo el tiempo necesario para el mantenimiento no suele ser una opción. Por lo tanto, es importante que el personal de mantenimiento y los planificadores sepan cuánto tiempo se necesita para realizar las tareas y las comprobaciones generales, de modo que la planificación pueda realizarse con precisión y las comprobaciones de mantenimiento puedan completarse en un tiempo razonable.*

*El plan de comprobaciones de cartas se elabora con la mejor información posible a mano. A continuación, el plan es revisado por todos los centros de trabajo implicados para evitar cualquier problema evidente, como la mano de obra, la logística y el utilaje especializado. También entran en juego otros factores que pueden requerir algunos cambios. Es muy importante que estos cambios se comuniquen al planificador de PP&C para que los esfuerzos futuros puedan tener en cuenta estos requisitos.*

*Lo que el planificador necesita saber para ajustar los planes futuros son:*

1. *La cantidad exacta de tiempo necesaria para realizar cada tarea.*
2. *La cantidad de tiempo perdido en la espera de la entrega de repuestos, suministros, herramientas, etc.*
3. *El tiempo de inactividad por circunstancias inusuales.*
4. *El tiempo adicional exacto dedicado a los hallazgos no rutinarios.*

5. La variación en la disponibilidad de la mano de obra (es decir, llamadas por enfermedad, vacaciones, etc.).
6. El tiempo perdido debido al robo de repuestos para otros trabajos.
- 7.

Esta información se utiliza de muchas maneras. La programación de las tareas puede ser más precisa si se conocen los requisitos de tiempo reales en lugar de los requisitos de tiempo estimados o calculados a partir de los datos de planificación del mantenimiento. Si se pierde tiempo porque los repuestos o los suministros no están en el lugar de trabajo cuando se necesitan, hay que tomar medidas para que la entrega sea más oportuna para la siguiente revisión programada. Y si va a haber un cambio en el personal disponible (debido a las vacaciones, etc.) para la siguiente revisión, esto también puede tener un efecto en la realización del trabajo y debe incluirse en el plan.

El robo de repuestos en las aerolíneas es un problema antiguo. Los que trabajan en la línea de vuelo tienen la obligación de devolver los aviones al servicio lo antes posible. Si se necesitan repuestos para ello y éstas no están disponibles en stock, la fuente más probable sería cualquier avión que no esté programado para volar en ese momento. Eso hace que el que está en el hangar para la revisión "C" sea una fuente principal. Es de suponer que la pieza puede pedirse y, con suerte, llegar antes de que se realice la comprobación "C". Desgraciadamente, para los que hacen la comprobación "C", esto suele requerir que se haga el mismo trabajo dos veces, y el resultado es que se tarda más tiempo del necesario en terminar la comprobación.

Aunque el robo de repuestos tiene un efecto perjudicial en la comprobación programada, no es sólo un problema para la planificación. En realidad, es un problema para toda la organización de M&E. Un problema que debería ser resuelto por alguien distinto (superior) a PP&C. Sin embargo, hasta que se resuelva, su efecto debe incluirse en los esfuerzos de planificación de las comprobaciones. El robo de repuestos se trata con más detalle en el capítulo 14.

## CAPÍTULO 10

### PUBLICACIONES TÉCNICAS

#### INTRODUCCIÓN

En el Capítulo 5, hemos hablado de los numerosos documentos necesarios para abordar las actividades de mantenimiento de una aerolínea comercial moderna. Debería ser inmediatamente evidente que producir, distribuir y actualizar estos documentos es una tarea considerable. Por esa razón, hemos establecido el departamento de publicaciones técnicas dentro de la dirección de servicios técnicos de nuestra típica aerolínea de tamaño medio. El departamento de publicaciones técnicas es vital para las operaciones de mantenimiento de las aeronaves, ya que esta entidad es la única responsable de recibir y distribuir las publicaciones en todas las bases de mantenimiento de la aerolínea, los centros de distribución y las estaciones más pequeñas.

En las aerolíneas más pequeñas, puede ser más eficaz una disposición diferente. En estas aerolíneas pequeñas, la unidad de publicación típica podría formar parte de la organización de ingeniería o posiblemente de la garantía de calidad. Las aerolíneas más grandes pueden requerir una unidad de publicación ampliada. En cualquier caso, las funciones y los requisitos que se tratan en este capítulo se aplicarán a todas las compañías aéreas, independientemente de su organización.

#### FUNCIONES DE LAS PUBLICACIONES TÉCNICAS

La organización de publicaciones técnicas tiene esencialmente tres funciones:

1. Recibir y distribuir, dentro de la aerolínea, todas aquellas publicaciones emitidas por fuentes externas
2. Imprimir y distribuir las publicaciones generadas por los distintos organismos de la compañía aérea
3. Establecer y mantener un sistema de biblioteca completo y actualizado para todos los documentos necesarios para las operaciones de M&E.

Las fuentes externas de documentos incluirían los fabricantes de fuselajes y motores, los vendedores y fabricantes de equipos instalados en las aeronaves, y los fabricantes de herramientas especiales y equipos de prueba utilizados en el esfuerzo de mantenimiento. Estos documentos pueden consistir en la emisión inicial de manuales de mantenimiento y otros documentos similares, así como en cualquier revisión periódica u ocasional de dichos manuales. También se incluyen las cartas de servicio (SL), los boletines de servicio (SB) o los consejos de mantenimiento emitidos por estos fabricantes o proveedores. También se incluirían aquí los reglamentos federales de aviación (FAR), las directivas de

aeronavegabilidad (AD), las circulares de asesoramiento (AC) y otras publicaciones oficiales de la autoridad reguladora de la aerolínea.

Los documentos internos de la aerolínea consisten en el manual de políticas y procedimientos técnicos de la aerolínea (TPPM), el manual del programa de fiabilidad y cualquier otro documento de mantenimiento e inspección generado por la propia aerolínea (véase el capítulo 5 para una lista detallada). Muchos de los documentos producidos por otras unidades de M&E, como ingeniería, QA, etc., pueden ser creados por la unidad que tiene la responsabilidad principal, pero normalmente serán reproducidos y distribuidos por las publicaciones técnicas simplemente porque el proceso y la facilidad para hacerlo ya están en marcha. Esto podría incluir documentos como los informes mensuales de fiabilidad, órdenes de ingeniería, paquetes de trabajo para las comprobaciones de mantenimiento de la línea o del hangar, programas de calibración de herramientas y equipos, y otros documentos similares.

## BIBLIOTECAS DE AEROLÍNEAS

La razón principal para tener una organización de publicaciones técnicas es asegurar que todas las publicaciones aplicables relacionadas con la operación de la aerolínea estén disponibles para los usuarios y estén actualizadas con los últimos cambios. La forma más común de lograr esto es establecer una biblioteca principal para la organización de M&E. Si la organización de M&E tiene un tamaño apreciable, la ubicación de una única biblioteca sería inconveniente para muchos usuarios y el número de copias de cada documento podría ser limitado. Por esta razón, la organización de publicaciones técnicas en la mayoría de las compañías aéreas mantiene, además de la biblioteca principal, una o más bibliotecas satélites situadas estratégicamente para minimizar los tiempos de desplazamiento para acceder a la información necesaria. Mientras que la biblioteca principal de M&E contendrá todas las publicaciones relacionadas con las actividades de mantenimiento, ingeniería e inspección, los documentos disponibles en cualquier biblioteca satélite normalmente se limitarán a copias de sólo aquellos documentos relacionados con la función particular a la que sirven. Cada biblioteca -principal y satélite- debe contar con las mesas, sillas, estantes, lectores de microfilmes e impresoras, terminales de ordenador y fotocopiadoras necesarias para atender a los usuarios y los formatos de documentos (papel, microfilmes, electrónicos) que estarán disponibles allí. El cuadro 10-1 es una lista de algunas de las posibles ubicaciones de las bibliotecas satélite.

## CONTROL DE LAS PUBLICACIONES

Los documentos relacionados con el mantenimiento se clasifican como documentos "no controlados" o "controlados". Los documentos no controlados se emiten sólo para información general y no se utilizan para certificar la aeronavegabilidad. No requieren ninguno de los requisitos del sistema de seguimiento que se comentan a continuación para los documentos controlados.

### TABLA 10-1 BIBLIOTECAS SATÉLITE

- ❖ Centro de control de mantenimiento (línea de vuelo)
- ❖ Puestos de línea (1 o más)
- ❖ Adaptación del hangar
- ❖ Talleres de revisión en el hangar
- ❖ Ingeniería
- ❖ Formación en mantenimiento
- ❖ Planificación de la producción
- ❖ Garantía de calidad
- ❖ Fiabilidad (puede estar ubicada con ingeniería o QA)
- ❖ Material

Los documentos controlados se utilizan para certificar la aeronavegabilidad de la aeronave, los motores y los componentes. Cada documento controlado contendrá una lista de páginas efectivas (LEP) y un registro de las revisiones del documento, identificando el número o la letra de la revisión y la fecha de la misma. La LEP también reflejará los números de las páginas activas de la última revisión. El cuadro 10-2 es una lista típica de documentos controlados.

Desde la introducción de la electrónica, Internet, el almacenamiento de datos, los manuales en línea y los sistemas de recuperación en la Web, las aerolíneas han creado dominios o sitios Web internos para el mantenimiento de las

aeronaves y otros departamentos. En la actualidad, los manuales de mantenimiento de las aerolíneas suelen estar ubicados en el servidor de la aerolínea y se actualizan con frecuencia. Esto garantiza que todos los manuales estén controlados y actualizados, aliviando el problema de que los manuales estén desactualizados. Antes, cada estación de M&E recibía las actualizaciones a través del servicio postal. La última versión y la fecha de revisión suelen indicar cuándo fue la última vez que se actualizó el manual en línea. Antes de los dominios en línea, el AMT tenía que buscar cualquier tipo de referencia de los manuales o repuestos en grandes carpetas. Todo el proceso requería mucho tiempo.

Todavía se necesitan algunos manuales en papel. Los manuales de emergencia y la información de contacto para emergencias deben conservarse en una carpeta impresa, que es actualizada por el personal de publicaciones técnicas. La copia maestra de cada uno de los documentos de control también se imprime y se guarda en la biblioteca de M&E. La lista contiene todos los manuales y sus últimas revisiones en una versión en línea y en papel. Este tipo de acción mantiene al departamento de M&E, al departamento de publicaciones técnicas y a la aerolínea en conformidad con la FAA y con las auditorías internas de QC/QA.

#### TABLA 10-2 LISTADO DE DOCUMENTOS CONTROLADOS

- ❖ Especificaciones de operaciones
- ❖ Manual de políticas y procedimientos técnicos\*
- ❖ Manuales del fabricante y del proveedor (ver Tabla 5-1)
- ❖ Documentos de la autoridad reguladora (ver Tabla 5-2)
- ❖ Directivas de aeronavegabilidad aplicables
- ❖ Hojas de datos de tipo de aeronave aplicables
- ❖ Certificado de tipo suplementario de la aeronave aplicable

Si la compañía aérea decide publicar los manuales del programa de inspección y fiabilidad por separado del TPPM, también serán documentos controlados.

Los documentos de los fabricantes suelen tener ciclos de revisión estándar (por ejemplo, 3 meses, 4 meses, anualmente), pero algunos se revisan "según sea necesario". Las autoridades reguladoras también tienen algunos ciclos de revisión regulares y otros irregulares para sus publicaciones. Aunque la aerolínea puede establecer los ciclos de revisión de sus documentos internos como deseé, a menudo es necesario realizar revisiones de estos documentos internos de acuerdo con los cambios realizados por los demás documentos (fabricantes, FAA, etc.); por lo tanto, los ciclos de revisión locales estarían en consonancia con estos cambios.

Es responsabilidad de la compañía aérea abordar estos cambios con la mayor rapidez posible. La organización de publicaciones técnicas tiene la responsabilidad de emitir las revisiones -ya sean páginas separadas o documentos completos- a los centros de trabajo apropiados tan pronto como se reciban. Por ello, deben determinar cuántas copias se necesitan y en qué formato (papel, microfilm, electrónico) para que esta distribución pueda realizarse de forma eficiente sin necesidad de hacer o pedir copias adicionales. Esta información puede conservarse en papel, en tarjetas de archivo de 3 x 5 pulgadas o en el sistema informático.

#### DISTRIBUCIÓN DE DOCUMENTOS

Las publicaciones técnicas empaquetarán los documentos y las revisiones y los enviarán a las organizaciones usuarias por el medio más adecuado (por ejemplo, llevados en mano, enviados a través del correo de la empresa, enviados en aviones de la empresa o enviado por un servicio de mensajería comercial). Este paquete debe ir acompañado de una carta u otro formulario de las publicaciones técnicas que identifique el material que se envía por el número de documento, el número de copia y la fecha de revisión. También debe identificar a quién se envió y la fecha de envío. También debe haber un espacio para que el destinatario firme (o ponga sus iniciales) para verificar la recepción. La persona que recibe los documentos comprobará el contenido y la aplicabilidad del paquete y devolverá el acuse de recibo firmado a Tech Pubs. La verificación se devuelve a la oficina de publicaciones técnicas por el medio más conveniente.

Este proceso garantiza que estos documentos han sido, de hecho, controlados hasta el punto de entrega y recepción. Es responsabilidad de la unidad receptora realizar realmente los cambios en sus documentos y asegurarse de que se mantienen actualizados en todo momento. El personal de publicaciones técnicas, los inspectores de control de calidad o incluso la dirección de mantenimiento pueden comprobar periódicamente si esto se hace o no. Con toda seguridad, será un tema de preocupación en las auditorías de garantía de calidad o de las autoridades reguladoras.

## CAPÍTULO 11

### FORMACIÓN TÉCNICA

#### INTRODUCCIÓN

Una aerolínea es responsable del mantenimiento adecuado de su flota, tal y como exigen las FAR. Las aerolíneas también son responsables de la formación adecuada de todo su personal. Esto incluye a las tripulaciones de vuelo, las tripulaciones de cabina, las tripulaciones de asistencia en tierra, los técnicos de mantenimiento de aeronaves (AMT), los inspectores, los auditores, los gerentes y el personal administrativo y de operaciones informáticas. Una parte importante de su formación, especialmente la de las tripulaciones de vuelo y el personal de mantenimiento, se lleva a cabo antes de que sean contratados por una aerolínea. Esto implica una formación formal y especializada sancionada por la FAA y la emisión de una licencia de la FAA para la especialidad particular.

En el capítulo 4 (Requisitos de certificación de la industria de la aviación) se ha mencionado en detalle que, para poder obtener una licencia de mecánico de fuselaje y planta motriz, un estudiante debe satisfacer los criterios de la FAR 65.71, así como otros requisitos de elegibilidad. Sin embargo, tener una licencia de A&P no significa que un mecánico o técnico de mantenimiento de aviación (AMT) sea capaz de trabajar en equipos o sistemas específicos en una determinada aerolínea. La licencia A&P significa que el AMT ha completado la formación básica de mantenimiento de aviación, pero debe estar capacitado para realizar actividades de mantenimiento y revisión en los equipos especificados por la aerolínea, y la formación debe estar documentada. En caso de un incidente o accidente de aviación, el investigador de la FAA suele preguntar: "¿Estaba el mecánico debidamente formado?" La respuesta debe estar respaldada por la documentación que demuestre no sólo el alcance de la formación, sino también cuándo y dónde se realizó, sino también cuándo y dónde se realizó. El 14CFR, FAR 121.375, especifica los requisitos generales; otras FAR proporcionan detalles sobre los requisitos de formación.

El tema y el alcance de la formación requerida después de que el empleado reciba su licencia de A&P y sea contratado por la aerolínea varía en toda la industria, y esa variación se basa en muchas cosas. Este capítulo tratará los distintos tipos de requisitos de formación que debe cumplir una compañía aérea.

La aerolínea, una vez seleccionadas las personas con la formación y la experiencia adecuadas que se ajustan a sus necesidades, colocará a estos nuevos contratados en clases de orientación con el fin de formarlos en las políticas, procedimientos, papeleo y equipos específicos de la aerolínea. Con el tiempo, será necesario impartir formación adicional a diverso personal, ya sea en la aerolínea o en alguna instalación externa, como la planta de un fabricante o un proveedor, en otra aerolínea o en escuelas de formación especiales. La formación recibida por cada empleado debe registrarse en sus registros de formación (o en el expediente del personal), y cualquier licencia afectada por la formación debe ser supervisada y actualizada en consecuencia.

#### ORGANIZACIÓN DE LA FORMACIÓN

Dado que todo el personal de la aerolínea requiere formación de un tipo u otro, es necesario contar con una organización de formación para atender estas necesidades. Esta organización puede adoptar diversas formas. Puede ser una organización de formación de la aerolínea, un departamento de formación o una escuela a nivel corporativo que sea responsable de la formación de todo el personal de la aerolínea; o puede haber una organización separada responsable de la formación de mantenimiento, de las tripulaciones de vuelo, de las tripulaciones de cabina, del personal de tierra y del personal de gestión y administrativo.

La formación de la tripulación de vuelo se contrata normalmente a varias academias de vuelo o al fabricante de la aeronave, ya que tienen las instalaciones de las aulas, los simuladores de la aeronave y los pilotos experimentados que forman a la tripulación de vuelo. Esto depende del tamaño y las operaciones de la aerolínea. Algunas aerolíneas disponen de simuladores internos con un piloto controlador que actúa como instructor de vuelo. La tripulación de cabina es similar a la tripulación de vuelo de las aeronaves en el sentido de que la formación de la tripulación de cabina es similar a la de la tripulación de vuelo en el sentido de que puede ser realizada por el fabricante o por la propia compañía. La formación de la tripulación de cabina hace hincapié en la seguridad y la evacuación del avión con simulacros y en qué hacer en caso de emergencia del avión en tierra o en el agua. Aprenden a desplegar toboganes y/o balsas.

El personal de asistencia en tierra tiene un departamento de formación separado y normalmente recibe formación en la empresa debido a la disponibilidad de los aviones. Aprenden a manejar las puertas de carga (abrir y cerrar), a enchufar las unidades de alimentación de corriente continua (GPU) exteriores, a ordenar la entrada y salida de las aeronaves y a remolcarlas para que vuelvan a ser empujadas cuando estén listas. Conocen los procedimientos de seguridad de equipos como los remolcadores y los remolcadores de retroceso, y manejan las GPU y los carros de arranque neumático. La

*formación del personal de gestión y administrativo también depende de sus respectivos departamentos. La gestión del mantenimiento de las aeronaves requiere la misma formación que los AMT, según las FAR y los requisitos de formación de la compañía.*

*Cada departamento de la aerolínea, como se ha mencionado anteriormente, debe tener un instructor, coordinador o director de formación. Las aerolíneas están obligadas a contar con personal cualificado y formado para la flota. Los instructores deben estar al tanto de todos los cambios en sus departamentos y de los requisitos para la formación continua y próxima, y deben ser capaces de demostrar, explicar lo que se requiere de la formación y responder a todas las preguntas. Las aerolíneas suelen tener una alta rotación de personal. Las aerolíneas que experimentan un cambio en el tamaño de la flota o en su composición tendrán una actividad de formación considerable.*

#### *Formación en mantenimiento de aerolíneas*

*La FAA exige un programa de formación de mantenimiento de la aerolínea en virtud de la norma FAR 121.375, que requiere que las aerolíneas proporcionen formación a su personal de mantenimiento. El departamento de formación de mantenimiento de la aerolínea es responsable de contar con un programa de formación completo que sea eficaz para enseñar a sus empleados y a los trabajadores de mantenimiento contratados cómo atender y mantener las aeronaves y sus sistemas.*

*En una aerolínea comercial, el departamento de formación está dirigido por el director de formación, que es responsable de la precisión, la funcionalidad, las estrategias de formación y la calidad del programa de mantenimiento, estrategias de formación y la calidad del programa de formación en mantenimiento. El director de formación normalmente trabaja con el director de mantenimiento (DOM) y el director de control de calidad (DQC) para la formación de su personal. Esto garantiza que los empleados programen la formación requerida, la formación de actualización para las aeronaves y los sistemas relacionados, y la formación requerida por la empresa de manera oportuna. El DQC normalmente trabaja con el departamento de formación para cumplir con cualquier formación en materia de aeronavegabilidad, autorización de inspección requerida (RII) y otras formaciones de control de calidad.*

*Para el personal de mantenimiento de aeronaves, hay varios tipos de actividades de formación requeridas. La formación que se enumera a continuación es la que imparte una compañía aérea después de contratar a un AMT con un A&P válido: (a) formación organizativa; (b) formación del fabricante o del proveedor; (c) formación en materia de calidad; (d) formación en el puesto de trabajo (OJT); (e) formación en materia de funcionamiento y seguridad de los equipos; y (f) formación de actualización. Cada uno de estos tipos de formación se analizará más adelante en este capítulo.*

#### **FORMACIÓN FORMAL**

*Esta formación suele realizarse antes de la contratación del mecánico. Los mecánicos y técnicos de A&P pueden proceder de escuelas de A&P aprobadas por la FAA, de escuelas técnicas/comercio con programas de estudios de aviación apropiados, o de los servicios militares de Estados Unidos. Las escuelas aprobadas por la FAA suelen graduar a los estudiantes con la licencia adecuada (fuselaje/planta motriz o aviónica). Las otras dos fuentes de formación requieren que el solicitante se ponga de acuerdo con la FAA para realizar los exámenes necesarios para obtener la licencia deseada. Algunas compañías aéreas tienen un programa especial en el que contratan a aprendices de mecánico de la escuela secundaria u otros planes de estudios equivalentes y los forman como mecánicos de aeronaves, ya sea en su compañía aérea, en compañías aéreas contratistas o en escuelas especiales aprobadas por la autoridad reguladora. Son empleados de la aerolínea mientras estudian.*

#### **FORMACIÓN ORGANIZATIVA**

*Esta formación es desarrollada y dirigida por la aerolínea y cubre las políticas y procedimientos básicos de la aerolínea, el papeleo y los sistemas y equipos específicos de aviación que se utilizan en la aerolínea. Estos planes de estudio podrían incluir el manual de política general o el manual de organización; la estructura corporativa; los términos y definiciones; los símbolos, normas y reglamentos; las prácticas de mantenimiento; los cursos completos para cada fuselaje y su sistema; la lista de equipo mínimo (MEL); el programa de aplazamiento; las limitaciones de tiempo de servicio de mantenimiento; y lo que se espera de un AMT.*

*Esta formación también puede incluir el funcionamiento de los departamentos de control de calidad (QC) y de garantía de calidad (QA), el programa de auditoría interna, el aviso de incumplimiento, el programa de fiabilidad, el sistema de análisis y vigilancia continuos (CASS), la tolerancia a las reparaciones y a los daños, el sistema de notificación de daños*

de la aeronave y el almacenamiento a corto o largo plazo de la aeronave. Dependiendo de la ubicación asignada al empleado, éste debe recibir formación para la operación de la aeronave en invierno y el deshielo, o la operación de la aeronave en condiciones subtropicales de calor y humedad.

La formación de la organización también aborda las directrices vigentes en caso de catástrofes naturales, como huracanes, tornados o tormentas de hielo, y cómo preparar una estación y el almacenamiento de las aeronaves durante estos eventos.

#### FORMACIÓN DEL FABRICANTE O VENDEDOR

La formación del fabricante o vendedor es ofrecida al personal de la aerolínea por el fabricante/vendedor de la aeronave cuando compran una aeronave o un sistema. La formación del fabricante cubre el cuerpo de la aeronave (fuselaje). La formación del proveedor cubre los sistemas de la aeronave, como la planta motriz (motor de la aeronave), que el fabricante de la aeronave compra a un fabricante de motores, como Pratt & Whitney, General Electric o Rolls Royce. El proveedor proporciona a la aerolínea formación adicional sobre el tipo de motor de su flota. Este tipo de formación del proveedor también está relacionada con un sistema de aviónica, como un sistema de evitación de advertencia del terreno, un sistema ambiental de la aeronave (sistema de aire acondicionado) o cualquier otro sistema que necesite una aerolínea. El departamento de formación de la aerolínea realiza todas las gestiones y supervisa toda la actividad.

#### FORMACIÓN EN MATERIA DE CALIDAD

Los auditores de control de calidad necesitan formación sobre los procedimientos y técnicas de auditoría, así como formación de actualización sobre la normativa y las políticas de la aerolínea; los inspectores de control de calidad deben recibir formación sobre las técnicas de inspección y sobre la calibración de herramientas y equipos. Los mecánicos autorizados a realizar los elementos de inspección requeridos (RII) deben recibir una formación especial por parte de la aerolínea o de una organización externa sobre las técnicas de inspección y otros detalles de las unidades de las que serán responsables.

#### FORMACIÓN EN EL PUESTO DE TRABAJO (OJT)

La formación en el puesto de trabajo implica procedimientos especiales que no pueden cubrirse completa o eficazmente en un aula y que sólo pueden lograrse mediante la experiencia práctica en el trabajo. El programa OJT se utiliza exclusivamente en una compañía aérea junto con el trabajo en el aula. Esta formación práctica especializada es impartida por un AMT experimentado o un jefe de tripulación técnica a los AMT recién contratados. La formación puede consistir en mostrar a un AMT cómo realizar el mantenimiento del aceite en las aeronaves de la flota; retirar e instalar neumáticos, motores de aeronaves, generadores de motores y cables y mazos de cables. También incluye la resolución de problemas y la familiarización de un AMT con el sistema de manuales de mantenimiento, las tarjetas de trabajo y cómo recuperarlas, y los procesos de aprobación que el AMT recién contratado realizará en el trabajo. Este proceso de OJT se documenta normalmente a efectos de registro de la formación de los empleados.

#### FORMACIÓN SOBRE EL FUNCIONAMIENTO Y LA SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS

Todos los empleados del departamento de mantenimiento deben asistir a una clase de formación sobre el funcionamiento y la seguridad de los equipos, ya que van a utilizar estas máquinas a diario. Esto incluye a los AMT, a los limpiadores de aviones, a los almacenes y a la logística, y a todo el personal del taller. Deben aprender cómo utilizar el equipo, cómo usar los protectores de seguridad, cómo identificar los puntos de pellizco, cómo informar de los equipos rotos o fuera de servicio, y el etiquetado adecuado. Este equipo puede incluir vehículos de la empresa, camiones, carretillas elevadoras, montacargas, puestos de trabajo con accionamiento hidráulico, elevadores de motores de aeronaves, cizallas de corte de chapa, dobladoras de metal, amoladoras y vehículos de remolque de aeronaves. Este tipo de formación también la imparte el departamento de formación de mantenimiento de la aerolínea. Llevan un buen registro de la formación de mantenimiento y la reciclan cuando lo consideran oportuno.

#### FORMACIÓN DE RECICLAJE

La formación de refresco de la aerolínea es necesaria siempre que se observa que un AMT necesita revisar o volver a perfeccionar ciertas habilidades. Esto ocurre normalmente en la operación de mantenimiento de línea cuando una aeronave está fuera de servicio durante un tiempo prolongado y parece que se repite el mismo problema; se hace evidente que el personal de mantenimiento ha resuelto los problemas del sistema de forma incorrecta o carece de conocimientos suficientes sobre el mismo. Esto puede ocurrir porque el AMT ha tenido largos períodos de tiempo en los que no ha estado expuesto al equipo o a las actividades de mantenimiento (y esto puede repetirse), y las aerolíneas deciden que necesitan una formación de refresco del sistema.

*Este tipo de formación suele ser desarrollada e impartida por el departamento de formación de la aerolínea o el proveedor de componentes para que el AMT comprenda mejor los sistemas y cómo solucionar los problemas. Esta formación se lleva a cabo "en función de las necesidades".*

#### **GESTIÓN DE LOS RECURSOS DE MANTENIMIENTO**

*En los últimos años se ha desarrollado un interés considerable por el tema de los factores humanos en el mantenimiento (HFM). En el Apéndice B de este curso se tratan los factores humanos. La organización de formación tiene la responsabilidad de desarrollar un curso básico sobre factores humanos (HF) y de incorporar los HF en otros cursos de formación, según corresponda. La FAA ha emitido la Circular de Asesoramiento AC 120-72, capacitación en gestión de recursos de mantenimiento (MRM) para delinear los requisitos para desarrollar, implementar, reforzar y evaluar los programas de MRM y de formación para mejorar la comunicación, la eficacia y la seguridad en las operaciones de mantenimiento. El Apéndice 1 del AC 120-70 esboza un programa típico; el párrafo 11 del documento (páginas 21-29) proporciona directrices para desarrollar dicho curso. Estas directrices también pueden utilizarse, con algunas modificaciones, para desarrollar otros cursos de M&E.*

#### **CURSOS DE FORMACIÓN DEL FABRICANTE DE AVIONES**

*Cuando una compañía aérea compra uno o más aviones al fabricante de fuselajes (Boeing, Lockheed, Airbus, etc.) suele obtener, como parte del precio de compra, un determinado número de plazas de formación para los cursos del fabricante sobre ese modelo. Esto incluye cursos sobre el fuselaje, la planta motriz y los equipos de aviónica instalados. Quién asiste a estas clases para la aerolínea difiere de un operador a otro y suele depender del tamaño de la aerolínea y de su dirección. En el caso de las aerolíneas pequeñas, los mecánicos que trabajarán en los sistemas de la aeronave durante el servicio o sus supervisores asistirán a estas clases. Muy a menudo, asistirán ambos. En las aerolíneas más grandes, algunas o todas estas plazas de formación pueden ser asignadas a los instructores de mantenimiento de la organización de formación de la aerolínea. La elección, por supuesto, queda a discreción de la aerolínea. Si los instructores de formación de la aerolínea asisten, volverán con la responsabilidad de crear la versión del curso de la aerolínea y presentar el material a los mecánicos de la aerolínea.*

*En los casos en los que el nuevo equipo es sólo parcialmente diferente del equipo que se utiliza actualmente -un 767-300, por ejemplo, que va a una aerolínea que ya vuela con 767-200- sólo es necesario enseñar las diferencias entre los dos modelos al personal de la aerolínea. Esta aerolínea puede tener ya establecido un curso sobre el 767-200 y los mecánicos sólo tendrán que aprender las diferencias del 767-300. Mientras tanto, el curso existente de la aerolínea puede modificarse para incluir las diferencias, y los siguientes alumnos de la aerolínea pueden recibir formación sobre cualquiera de los dos modelos o sobre ambos, según sea necesario.*

*En muchas ocasiones, los fabricantes ofrecerán cursos especiales sobre equipos específicos en su planta o en la sede de la aerolínea. Motor: Todos los fabricantes de motores ofrecen cursos de monitorización del estado del motor (ECM) para formar al personal de las aerolíneas en el uso de sus programas informáticos especiales que monitorizan el estado del motor. Dado que sólo unas pocas personas en cada aerolínea necesitan esta formación, no suele haber formación in situ. Los mecánicos, gerentes, inspectores o instructores de varias aerolíneas pueden recibir formación en una sola clase en las instalaciones del fabricante de motores o en algún otro lugar conveniente.*

*Los fabricantes de fuselajes, motores y equipos pueden ofrecer una serie de programas puntuales en la sede de la aerolínea. Esto puede incluir formación sobre temas como las operaciones de rango extendido con aviones bimotoras (ETOPS); programa de protección y control de la corrosión (CPCP); ayudas para la detección de errores de mantenimiento (MEDA); técnicas de ensayo e inspección no destructivas (NDT/NDI); seguridad aérea; programas de fiabilidad; y otros similares. Aunque estos cursos son presentados por fuentes externas, la oficina de formación de la aerolínea está involucrada, ya que debe proporcionar el espacio de las aulas y otro tipo de asistencia, según sea necesario, y debe actualizar los registros de formación de los asistentes.*

#### **FORMACIÓN COMPLEMENTARIA**

*Después de completar toda la formación sobre aeronaves y sistemas mencionada en este capítulo, el AMT debe completar la formación adicional requerida por la compañía. Esta formación puede ser en las siguientes áreas (a) tipo de flota y diferencia;*

*(b) materiales medioambientales o peligrosos; (c) mercancías peligrosas; (d) valores y ética; (e) seguridad contra incendios; (f) conservación de la audición; (g) rodaje y remolque de aeronaves.*

*El departamento de formación de la aerolínea utiliza todo tipo de material para ayudar a educar a un AMT sobre la compañía y sus políticas, procedimientos y mantenimiento de la flota de aviones. Los medios utilizados por el departamento de formación de la aerolínea pueden ser los siguientes:*

- ❖ *Formación formal con instructor, en el aula Formación basada en ordenador (CBT)*
- ❖ *Formación basada en la web (WBT)*
- ❖ *Vídeo, formación de tipo PowerPoint Formación en el puesto de trabajo (OJT)*
- ❖ *Formación de tipo taller de mantenimiento*

*A medida que una aerolínea o una empresa evoluciona, hay algunos cambios que son normales en una industria de la aviación en crecimiento y en constante cambio. Estos tipos de cambios deben ser transmitidos a la dirección de mantenimiento y al personal que proporciona la información y como método de cumplimiento. Este tipo de cumplimiento se conoce como formación de actualización, que es fundamental y eficaz. Según sea necesario, el departamento de formación distribuye boletines, alertas, CBT y otros tipos de comunicación para mantener informado al personal de mantenimiento.*

*Nota: Debe entenderse que las deficiencias de formación entre los mecánicos y técnicos certificados pueden poner en peligro su certificación y el certificado de operaciones de la aerolínea. Sin embargo, también debe entenderse que no todo el personal es perfecto. La dirección de la aerolínea debe estar siempre atenta a cualquier requisito de formación adicional y debe asegurarse de que el personal cualificado realice y certifique todos los trabajos de mantenimiento realizados.*

*En una aerolínea hay requisitos de formación adicionales que pueden ser necesarios de vez en cuando, y pueden o no estar disponibles en la empresa. No obstante, el departamento de formación será responsable de organizar la realización de la formación. Esto incluiría la formación especializada necesaria para los auditores de garantía de calidad, los inspectores de control de calidad, los inspectores de RII, los procedimientos NDT/NDI, las operaciones de motores (puesta en marcha, inspección de boroscopios, etc.), el rodaje y el remolque de aeronaves. La organización de la formación debe responder a las necesidades de las aerolíneas, ya sea impartiendo estas clases por sí misma o coordinándose con otras unidades de formación cualificadas.*

*Cabe señalar aquí que cualquier necesidad de formación del personal de M&E, tanto si puede ser realizada por el personal de la aerolínea como si no, es responsabilidad principal del coordinador de formación, de la organización de formación de M&E o de la escuela de formación de la aerolínea, según lo que exista en la aerolínea en cuestión. Lo importante es recordar que la organización de M&E debe mantener algún tipo de control sobre la formación de su propio personal, independientemente de la estructura organizativa o la filosofía de gestión de la aerolínea, y debe mantener un registro adecuado de dicha formación que afecta a la certificación y a las capacidades de los mecánicos y de la aerolínea.*

### **PARTE III**

#### **GESTIÓN, MANTENIMIENTO Y APOYO MATERIAL DE LAS AERONAVES**

*En los capítulos anteriores, hemos hablado de dos tipos de mantenimiento: programado y no programado. Sin embargo, la organización del mantenimiento en funcionamiento no está dividida de esa manera. Por razones operativas, las actividades de mantenimiento se dividen en las categorías de mantenimiento en la aeronave y mantenimiento fuera de la aeronave. El mantenimiento en la aeronave se divide a su vez en actividades de mantenimiento en línea y en hangar. La característica única del mantenimiento en la aeronave es que el esfuerzo se realiza en la aeronave o sobre ella. Los componentes y los sistemas se revisan, reparan y prueban en el avión, y las unidades defectuosas se retiran y se sustituyen por unidades funcionales. A continuación, el avión vuelve a estar en servicio. Las unidades retiradas se desechan o se envían al taller correspondiente para su reparación. Esta actividad de taller constituye la mayor parte de la actividad de mantenimiento fuera de la aeronave.*

*Las actividades de mantenimiento dentro y fuera de la aeronave requieren repuestos y suministros, que son gestionados por la sección de material. La necesidad de herramientas y equipos especiales es manejada por el departamento de herramientas de aeronaves (una parte de los almacenes y la logística), normalmente ubicado en el área de los almacenes de mantenimiento de línea (repuestos) y el hangar de mantenimiento para mayor comodidad. También se necesitan puestos de trabajo de mantenimiento, unidades de alimentación de CA/CC, calentadores, carros de aire acondicionado*

y otros artículos designados como equipo de apoyo en tierra (GSE). La organización de GSE también es responsable del mantenimiento y la revisión de este equipo de apoyo en tierra.

El capítulo 12 tratará sobre la gestión del mantenimiento de las aeronaves, la estructura de gestión y la gestión de primera línea. El capítulo 13 tratará sobre las actividades de mantenimiento en la aeronave (mantenimiento de línea) para todas las aeronaves en servicio regular. En el capítulo 14 se tratará el mantenimiento en hangar, que también es el mantenimiento en la aeronave, así como los talleres de revisión de mantenimiento fuera de la aeronave en detalle, ya que son una parte integral del mantenimiento en hangar. El capítulo 15 tratará sobre la importancia del apoyo material y la logística.

## CAPÍTULO 12

### GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO DE AERONAVES

#### INTRODUCCIÓN

La definición de gestión en cualquier industria es "las personas contratadas para buscar el interés de la corporación y administrar las actividades de la organización". Definiremos la gestión en una organización empresarial de aviación como "un acto de reunir a las personas para lograr las metas y objetivos deseados en el mantenimiento de aeronaves."

Las organizaciones de aviación, como las aerolíneas comerciales, de cercanías y chárter, necesitan un equipo de gestión para tener éxito. Además, los operadores de bases fijas y las estaciones de reparación de aeronaves también necesitan gerentes y, dependiendo de su tamaño, un enfoque racionalizado y de múltiples niveles que puede incluir gerentes superiores, intermedios y supervisores, así como diferentes niveles de personal de apoyo a la gestión.

Los gestores del sector de la aviación consisten básicamente en un director de mantenimiento (DOM), un director de base o de estación y los supervisores de primera línea. Se les exige que asistan a seminarios y cursos de formación en la empresa, donde aprenden las técnicas para gestionar eficazmente a las personas y se centran en las directrices y principios generales de la corporación. Estos seminarios pueden ayudar a los directivos en su trabajo diario: investigación de infracciones, rendimiento insatisfactorio, conducta de los empleados, incidentes graves, faltas, asistencia, cuestiones relacionadas con el odio, accidentes de avión y lesiones de los empleados.

Todo el personal directivo recibe formación sobre la diversidad. Esto permite a todos los directivos comprender el tema, ayudar a superar los estereotipos y tratar eficazmente a las personas con discapacidad. Para convertirse en un directivo de éxito hoy en día, uno debe ser ágil, estar muy centrado en la organización, ser flexible y ser capaz de adaptarse rápidamente a los cambios en el entorno de la aviación. Un miembro de cualquier equipo de gestión debe tomar las medidas adecuadas contra cualquier comportamiento ofensivo o mala conducta y debe llevar a cabo una investigación sobre la ofensa. Además, un directivo también debe asegurarse de que no se produzca ninguna discriminación o acoso ilegal en su área y debe ser capaz de tomar medidas inmediatas para confirmar que el lugar de trabajo permanece libre de cualquier tipo de acoso.

#### ESTRUCTURA DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO DE AERONAVES

La estructura organizativa de la gestión del mantenimiento de aeronaves en una empresa puede variar en función del tamaño y la estructura de la compañía aérea.

La estructura típica de mantenimiento de aeronaves consiste en un vicepresidente (VP) de mantenimiento e ingeniería, un DOM, un gerente de mantenimiento de aeronaves y un supervisor de mantenimiento de aeronaves. Las empresas varían en cuanto a si emplean un enfoque descendente o ascendente de la jerarquía de mando. A veces, las empresas estructuran sus departamentos de forma diferente en función de la ubicación de su base de mantenimiento y de la proximidad del aeropuerto a otras ciudades. La estación base tendrá un VP y un DOM, mientras que una subestación sólo tendrá un jefe de mantenimiento y supervisores para adaptarse a las necesidades de la estación. La normativa gubernamental, especialmente donde se encuentran las estaciones internacionales, tendrá que adaptarse a las diferentes normas, aduanas y regulaciones de protección de fronteras. Algunas estaciones externas pueden requerir viajes internacionales para atender a los aviones que están fuera de servicio. Las normas de los centros de vuelo nacionales son menos estrictas, pero todas las normas y directrices de la FAA deben ser respetadas por todas las estaciones. El VP y el DOM supervisarán todas las estaciones, seguidos por el director de mantenimiento de cada hub y los supervisores de línea.

A veces los diferentes departamentos cambian su estructura, dependiendo de la ubicación de la base de mantenimiento. La figura 12-1 es un diagrama de la estructura típica de la organización de mantenimiento de una aerolínea. Muestra el puesto de gerente de mantenimiento y sus subordinados. El nuevo o el puesto vacante en una estructura de

*mantenimiento normalmente se deja en blanco si no está ocupado, y muestra el director que es responsable. Hay puestos obligatorios, como el vicepresidente de mantenimiento, el director de control de calidad (DQC) y el DOM, que son exigidos por la FAA.*

#### **GERENTE DE MANTENIMIENTO DE AERONAVES**

*El gerente o director de la base de mantenimiento de aeronaves ocupa un puesto visionario y desafiante, y es su responsabilidad supervisar todo el funcionamiento de la base de mantenimiento y de las bases de mantenimiento contratadas.*

*Es responsabilidad del gerente de mantenimiento asegurarse de que todo funcione sin problemas y modificar y eliminar cualquier política o procedimiento según sea necesario.*

*Un gerente debe tener una buena ética de trabajo, buenas habilidades de comunicación y un conocimiento profundo de los sistemas de las aeronaves. Dado que el gerente es responsable de la estructura y el desarrollo de su organización, es necesario que demuestre su liderazgo y establezca una buena relación con los supervisores y los trabajadores para lograr los objetivos deseados. La capacidad de comunicación de un gestor y la de sus compañeros para organizar e inspirar un rendimiento alto y positivo en el departamento de mantenimiento pueden conducir a un departamento eficiente y eficaz.*

*Los gestores se enfrentan a una gran variedad de tareas y problemas con las aeronaves en tierra (AOG): averías, falta de repuestos, huelgas u otros problemas sindicales, empleados que se declaran enfermos o problemas con los organismos reguladores, la alta dirección o cuestiones de planificación del mantenimiento de las aeronaves.*

*Los gestores de mantenimiento de aeronaves desempeñan un papel muy importante en el mantenimiento de la aviación. Saben cómo lidiar con este caos organizado, y los buenos gerentes construyen su aerolínea o departamento de mantenimiento y su base de mantenimiento en un equipo muy exitoso que puede afrontar cualquier obstáculo con total confianza.*

#### **SUPERVISOR DE PRIMERA LÍNEA/DIRECCIÓN**

*Los supervisores de primera línea, también conocidos como gerentes de primera línea, son responsables de llevar a cabo las tareas de gestión del día a día. Delegan su trabajo a través del jefe de cuadrilla de mantenimiento o de un mecánico jefe de mantenimiento que distribuye el trabajo según las necesidades de la operación. Los supervisores de primera línea están orientados a los resultados y deben tomar decisiones acertadas sobre las aeronaves y los mecánicos que trabajan en ellas. Son conscientes de la seguridad y su trabajo consiste en mantener a la alta dirección bien informada sobre las aeronaves fuera de servicio, las emergencias y otros sucesos inesperados.*

*Los supervisores de primera línea trabajan bien bajo el estrés y la presión de este entorno laboral. Pueden manejar múltiples tareas y son muy competitivos. Son capaces de cumplir las exigencias de su puesto gracias a sus cualidades de liderazgo, como la integridad, la autogestión y la experiencia, sus conocimientos sobre el mantenimiento de aeronaves y su capacidad de comunicación eficaz. Son innovadores, y cuando ven la oportunidad de cualquier mejora, se arriesgan. Su enfoque optimista y flexible ante cualquier tipo de problema transmite una dirección clara para su organización. Se mantienen al día de las tendencias del sector y de los nuevos avances en aviación, mantenimiento, seguridad, actualización de sistemas y modificaciones de los sistemas existentes.*

#### **ÁREAS DE PREOCUPACIÓN EN LA GESTIÓN DE UNA AEROLÍNEA**

*Como gerente de mantenimiento o gerente de línea superior, intermedia o frontal, usted se ve constantemente bombardeado por todo tipo de problemas y cuestiones, como aviones fuera de servicio, disponibilidad de repuestos de aviones, producción, comportamiento de los subordinados, plazos para auditorías, correos electrónicos, solicitudes extrañas de los gerentes superiores y otros desafíos diarios. Las aerolíneas son una industria de servicios, y todos los aviones deben estar disponibles y en buenas condiciones de vuelo. La falta de disponibilidad de un avión significa que éste no va a realizar el vuelo que tiene programado; por lo tanto, el gestor tiene que hacer todo lo posible para corregir el problema. Esto también ocurre cuando el tiempo se vuelve peligroso debido a la nieve, el granizo o los huracanes, y un avión no puede volar a otra ciudad, donde estaba programado.*

*Como se ha señalado, el hecho de que los aviones estén fuera de servicio por repuestos y daños es la mayor preocupación de los gestores. Dado que los repuestos se obtienen normalmente en otra ciudad, siempre existe la posibilidad de que la pieza no realice el vuelo previsto o se pierda. Hay que cartografiar e inspeccionar la parte dañada de la aeronave para conocer la gravedad del daño y qué repuestos y reparaciones serán necesarias, y a veces no hay soluciones rápidas.*

*El desafiantes y exigentes trabajos de la gestión del mantenimiento de aeronaves y sus preocupaciones son muy complejas, y el trabajo requiere una persona con gran concentración, diligencia y habilidades organizativas eficaces. Los retos diarios deben priorizarse en función de los aviones en vuelo y del tiempo disponible, y los gestores deben tener una capacidad de decisión creativa para superar los obstáculos y alcanzar sus objetivos.*

## DIRECTOR DE LOS TALLERES DE REVISIÓN

*El director de los talleres de revisión es normalmente responsable de todos los talleres de revisión. Algunos de estos talleres, como el de chapa, el de aviónica y el de interiores, deben estar sincronizados con la revisión "C" del hangar (revisión pesada) debido a las limitaciones de tiempo del avión en tierra para su mantenimiento. El taller de chapa arregla todas las abolladuras, la corrosión y otros elementos diferidos de mantenimiento. El taller de aviónica realiza la modificación de las aeronaves. El taller de componentes y asientos reacondiciona y modifica todos los asientos de los pasajeros y de la tripulación de vuelo. El director de los talleres de revisión debe estar informado del progreso diario y de la hora de inicio y finalización del trabajo de todas las tareas debido a la naturaleza sensible de la programación de las aeronaves.*

*El gerente de los talleres de revisión normalmente tiene un supervisor o jefe de equipo que le informa directamente sobre el progreso del trabajo y los materiales utilizados y necesarios para completarlo. El taller de motores suele tener preparados los motores de las aeronaves, ya que mantiene en stock motor(es) de repuesto para emergencias o cambios de motor programados. Hablaremos de los talleres de mantenimiento con más detalle en el Capítulo 14, Mantenimiento en el hangar (en la aeronave).*

*Como se ha mencionado anteriormente, la gestión de las operaciones de mantenimiento de una aerolínea requiere visión, conocimientos, apertura a nuevas ideas y sugerencias, y una personalidad dinámica necesaria para superar los obstáculos diarios de la gestión del mantenimiento de la aviación. Además del departamento de mantenimiento de aeronaves, hay muchos otros departamentos que intervienen en el funcionamiento diario de una aerolínea. El departamento de vuelos, el departamento de vuelos, los servicios de catering, los manipuladores de rampa (equipaje), la limpieza de los aviones, las operaciones de la base, el despacho de los aviones y otros desempeñan papeles clave en el funcionamiento de una aerolínea de éxito. El director de mantenimiento debe trabajar estrechamente con todos estos departamentos para entender sus funciones y cómo interactúan con el mantenimiento de la aeronave a diario.*

*Nota: Las estructuras de gestión y los detalles pueden ser diferentes en otras aerolíneas, portaaviones, estaciones de reparación e instalaciones. Dado que las operaciones de cada aerolínea difieren debido al tamaño de la flota, el programa de vuelos, el número de empleados, los empleados contratados y otros factores, los puestos y las estructuras de gestión descritas en este capítulo deben utilizarse únicamente como directrices sugeridas.*

## CAPÍTULO 13

### MANTENIMIENTO EN LÍNEA (EN LA AERONAVE)

#### INTRODUCCIÓN

*La composición del mantenimiento de línea depende del tamaño de la aerolínea. La organización del mantenimiento de línea puede tener una estructura diferente, pero una aerolínea comercial de tamaño medio se organiza normalmente de acuerdo con las aeronaves que opera, el número de vuelos diarios y el personal de mantenimiento necesario para llevar a cabo una buena operación. El centro de control de mantenimiento (MCC) coordina toda la actividad de mantenimiento en la línea de vuelo en la base de operaciones y en todas las estaciones externas. Debido a los tiempos de entrega de las aeronaves, el mantenimiento de línea de vuelo es un entorno de mantenimiento de ritmo rápido, que consiste en mantenimiento programado y no programado. El trabajo realizado por el mantenimiento de línea es cualquier mantenimiento que pueda realizarse en la aeronave en servicio sin perturbar el programa de vuelo. Estas tareas de mantenimiento pueden incluir todo, desde las comprobaciones diarias de aceite, hasta la comprobación de 48 horas, y los elementos de comprobación "A". (Si una aerolínea tiene revisiones "B" (en los intervalos entre las revisiones "A" y "C"), éstas suelen ser realizadas también por el personal de mantenimiento de línea. En muchas aerolíneas se añaden las tareas del intervalo de comprobaciones "A" o se programan otras tareas como las comprobaciones diarias de mantenimiento de línea. Todo este trabajo está definido por el programa de mantenimiento de la aerolínea, y programado por la planificación y el control de la producción y administrado por el centro de control de mantenimiento.*

*La tripulación utilizada para el mantenimiento de la línea, de nuevo determinada por el tamaño de la organización, puede consistir en una única tripulación para realizar todos los elementos mencionados o en tripulaciones separadas para*

determinadas tareas. Por ejemplo, una tripulación puede estar asignada exclusivamente a diferentes comprobaciones mientras que otra tripulación se encarga de todas las revisiones y de las discrepancias en el curso de a bordo de la aeronave programada. El servicio y las comprobaciones diarias suelen realizarse a primera hora de la mañana o durante la noche.

La tripulación de mantenimiento de línea es normalmente una tripulación experimentada, con un muy buen conocimiento y comprensión de los aviones que opera la aerolínea y sus sistemas. Cuando un técnico recibe una llamada de mantenimiento de una aeronave entrante en relación con la discrepancia con la que llega, el técnico de mantenimiento de línea suele tener una buena idea de cómo resolver la discrepancia rápidamente y devolver la aeronave al servicio en condiciones de seguridad y aeronavegabilidad. Los técnicos de la línea de vuelo suelen trabajar en condiciones adversas: calor, lluvia y nieve. Estos técnicos a menudo deben estar de pie, arrodillarse o agacharse en posiciones incómodas para retirar e instalar los repuestos de la aeronave. Tienen la tremenda carga de mantener las normas de seguridad, y a veces las tareas que realizan para cumplir esas normas pueden ser estresantes.

La línea de vuelo suele estar equipada con una oficina para el supervisor de mantenimiento de la aeronave, una sala de preparación para los técnicos (sala de descanso), una sala de repuestos y herramientas, y una biblioteca de mantenimiento de la aeronave, donde todos los manuales de mantenimiento de la aeronave están fácilmente disponibles para la resolución de problemas. La sala de aviónica de línea contiene todos los equipos de radio y las estaciones de carga para los equipos de prueba de las aeronaves, que incluyen equipos muy sensibles.

#### FUNCIONES QUE CONTROLAN EL MANTENIMIENTO

Hay dos organizaciones en M&E responsables de controlar las actividades de mantenimiento, y se muestran en la Fig. 13-1. Ya hemos hablado de la función de control principal, la planificación y el control de la producción, en el capítulo 9. Este grupo requiere información de varias fuentes identificadas a la izquierda de la Fig. 13-1.

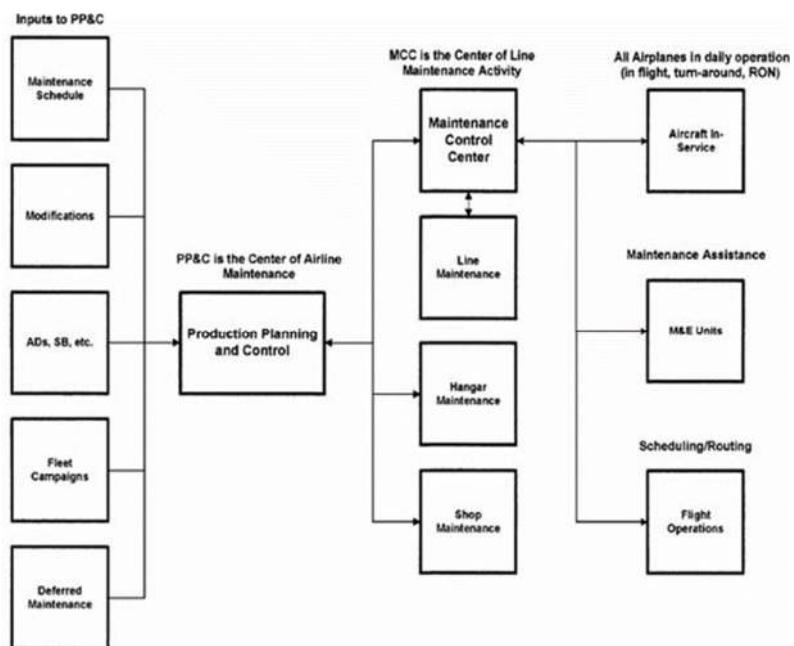


Figura 13-1 Funciones de control del mantenimiento.

Todo el mantenimiento identificado en el programa de mantenimiento de la aerolínea, además de cualquier requisito adicional de modificación, mejora o mantenimiento aplazado de comprobaciones anteriores, es controlado (programado) por PP&C. Este mantenimiento se dirige al hangar, a los talleres y a la línea de vuelo según sea necesario. La organización de PP&C interactúa con el mantenimiento de línea a través de la segunda actividad de control, el centro de control de mantenimiento.

El CCM coordina toda la actividad de mantenimiento -programada o no programada- de la aeronave en servicio con la organización de PP&C correspondiente y con las operaciones de vuelo. Observe las flechas de doble punta en la Fig. 13-1. Estas indican una comunicación bidireccional. El MCC debe ocuparse de todas las aeronaves en el programa de vuelo, independientemente del lugar que ocupen en la estructura de rutas, y debe coordinar toda la actividad de mantenimiento, ya sea realizada por la aerolínea o por un tercero. El MCC también coordina la contratación del mantenimiento en las unidades en las que no existe un acuerdo de mantenimiento previo. El MCC también coordina con cualquiera de las unidades de M&E de la aerolínea el apoyo a las discrepancias de las aeronaves en servicio y la reprogramación de las acciones de mantenimiento; y con la organización de operaciones de vuelo en lo que respecta a los tiempos de inactividad, retrasos en los vuelos y cancelaciones.

*Si una aeronave en servicio requiere mantenimiento y dicho apoyo no está disponible en la ubicación actual de la aeronave, el mantenimiento puede ser aplazado, siempre que se cumplan los demás requisitos. Este aplazamiento será gestionado por el MCC, que programará el trabajo para otra estación externa o para la base de origen siempre que exista el tiempo, las instalaciones y el personal adecuados. Si el mantenimiento debe aplazarse hasta una revisión mayor (revisión "A" o superior), el MCC coordinará esta acción con el PP&C, que programará el trabajo para un tiempo de inactividad adecuado y se asegurará de que los repuestos, los suministros, etc. estén disponibles para esa revisión. Estos aplazamientos, por supuesto, deben estar de acuerdo con los requisitos de la MEL y la CDL.*

#### **RESPONSABILIDADES DEL CENTRO DE CONTROL DE MANTENIMIENTO**

*El centro de control de mantenimiento es el corazón del mantenimiento de línea. Independientemente de lo grande o pequeña que sea una aerolínea, las funciones del CCM deben establecerse y deben estar bajo control. El propósito del centro de control de mantenimiento es:*

1. Completar todas las verificaciones diarias de las aeronaves designadas.
2. Realizar el mantenimiento de tránsito o de giro en las aeronaves según sea necesario.
3. 2. Realizar el mantenimiento de tránsito o de giro en las aeronaves según sea necesario. 3 Coordinar el servicio de estas aeronaves (comida, agua, combustible, etc.).
4. Solucionar los problemas de mantenimiento y programar las reparaciones (si es posible) en el tiempo de giro asignado o aplazar el mantenimiento (MEL, CDL, NEF) hasta un momento más apropiado.
5. Coordinar con varios departamentos -almacenes/materiales, ingeniería, inspección, planificación y otras organizaciones de M&E- para la asistencia en la resolución de problemas de mantenimiento en la base de origen o en la estación externa.
6. Coordinar con operaciones de vuelo el mantenimiento, el aplazamiento del mantenimiento, el vuelo de comprobación funcional (FCF), los permisos de transbordo de aeronaves, siempre que el calendario pueda verse afectado.
7. Realizar el seguimiento de todas las aeronaves durante el vuelo para determinar su ubicación, requisitos de mantenimiento y estado.
8. Coordinar el mantenimiento en las estaciones externas con otras aerolíneas o con contratistas externos aprobados, según sea necesario.
9. 10. Recoger las páginas de registro de cualquier parada de motor en vuelo (IFSD), choques con aves, rayos, o cualquier emergencia que requiera que una aeronave regrese del vuelo y/o cualquier interrupción en tierra.

*No hace falta decir que el personal del MCC tiene un trabajo bastante amplio que realizar. Para ello, necesitan unas instalaciones adecuadas que les ayuden a realizar su trabajo. En primer lugar, necesitan una sala situada en el centro, cerca de las operaciones principales de la línea de vuelo, donde puedan tener un contacto estrecho con toda la actividad.*

*En segundo lugar, el MCC debe tener suficientes tableros de control o pantallas de ordenador de todas las aeronaves (por tipo de aeronave y número de cola) para identificar los horarios de vuelo, la duración de los vuelos, la ubicación actual de las aeronaves y las necesidades de mantenimiento, si las hay. Estos tableros también deben mostrar el estado de ese mantenimiento y la fecha de vencimiento de las próximas revisiones de mantenimiento programadas (A, B, C, etc.). Si estas comprobaciones sólo se realizan en determinadas bases, es responsabilidad del MCC coordinar con las operaciones de vuelo y la programación para asegurarse de que la aeronave se encuentra en el lugar adecuado para esa comprobación en el momento de su vencimiento. El MCC debe estar "al tanto" de todo lo que ocurre con todas las aeronaves en servicio.*

*En tercer lugar, el CCM debe contar con suficientes dispositivos de comunicación para llevar a cabo todos los requisitos indicados anteriormente. Esto significa teléfonos para las conversaciones internas y externas con cualquier persona relacionada con un problema determinado; radios para las comunicaciones con las aeronaves; radios de mano (o teléfonos móviles) para la comunicación con los equipos de mantenimiento en la línea y en el campo a los que no se puede acceder con otros dispositivos de comunicación; y teletipos, máquinas de fax y/o terminales de ordenador para la transferencia de datos y formularios entre las distintas unidades.*

*Para llevar a cabo muchas de las tareas que se le asignan, el CCM debe tener acceso a los manuales de mantenimiento y otros documentos técnicos. Por lo tanto, el cuarto requisito para el CCM es tener dentro de las instalaciones una amplia biblioteca técnica (véase el capítulo 10). Dado que el CCM es el primero al que se le notifica cualquier problema de mantenimiento, es la primera línea de defensa y es el responsable de dar una solución rápida. Deben coordinarse con*

otras unidades de M&E para llegar a esa solución satisfactoria. El MCC está a cargo y es responsable de devolver la aeronave al servicio.

Por último, el CCM debe contar con personal suficiente y cualificado para llevar a cabo estas actividades y con la capacidad de gestionar respuestas rápidas y precisas a todos y cada uno de los problemas relacionados con el mantenimiento de las aeronaves en servicio. Todo el personal del MCC debe ser mecánico con licencia. El MCC desempeña un papel muy importante en el esfuerzo por cumplir las metas y objetivos de la organización de mantenimiento e ingeniería, así como los de la aerolínea.

La función principal del departamento de MCC, como se ha mencionado anteriormente, es garantizar que todas las aeronaves estén disponibles para el vuelo diario. El MCC también apoya el programa de fiabilidad de la aerolínea. El MCC es responsable de identificar e informar de todos los retrasos y cancelaciones de aeronaves y debe proporcionar los detalles de todos los incidentes. Dado que el departamento de mantenimiento de línea y sus procedimientos son parte integral de estos retrasos y cancelaciones, el MCC es un actor clave en la investigación y solución de estos problemas. (Fiabilidad y repeticiones, véase el capítulo 18). El MCC también coordina, emite, controla y revisa todos los artículos de mantenimiento diferido bajo los sistemas MEL, CDL y NEF. El MCC tiene autoridad para denegar o aplazar cualquier elemento debido a su estado, a la restricción de la penalización o al número de veces que se ha repetido la discrepancia. Para algunas aerolíneas, las discrepancias repetidas se clasifican en su Ops Spec. Algunas pueden especificar que la discrepancia o la anotación se ha producido más de tres veces en 5 días; otras aerolíneas pueden especificar 7 días. Si los índices de repetición no se especifican como parte de la Ops Spec, deben indicarse claramente en el documento del programa de fiabilidad de la aerolínea.

Si el problema persiste, debe haber un error. El error puede ser de procedimiento, mecánico, operacional o perteneciente a los manuales de mantenimiento, a las condiciones ambientales o a los repuestos defectuosos de las existencias. Sea cual sea el motivo, el CCM realiza una investigación inmediata para determinar el problema y solucionarlo. Se trata de un esfuerzo por identificar y contener el problema sin esperar a que los datos de fiabilidad lo confirmen. Con toda probabilidad, una discrepancia repetida ni siquiera aparecerá en los datos de fiabilidad porque, si se aborda rápidamente, no se repetirá en número suficiente como para provocar una alerta de fiabilidad.

#### OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO DE LA LÍNEA - GENERALIDADES

La Figura 13-2 muestra las actividades típicas de la línea de vuelo para un vuelo determinado.

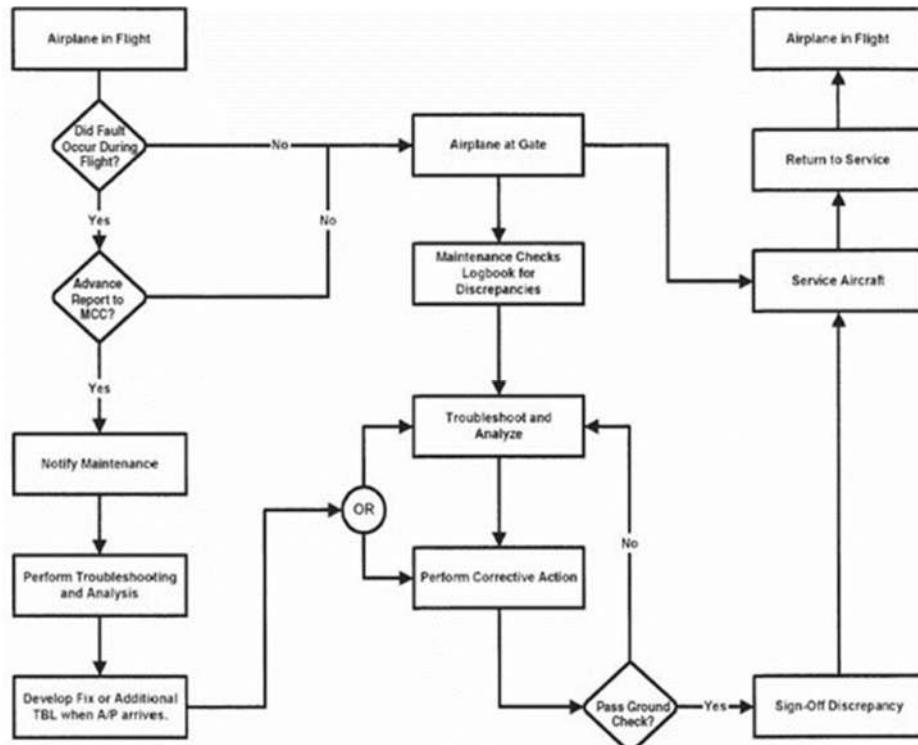


Figura 13-2 Operaciones de mantenimiento de la línea - vuelta de campana.

Una aeronave puede o no experimentar fallos o discrepancias durante el vuelo. Cuando la aeronave llegue a la puerta de embarque, se prestarán los servicios normales (combustible, comida, etc.), así como el intercambio de pasajeros, su equipaje y cualquier carga. Si se produce un fallo o discrepancia en el vuelo, hay dos escenarios posibles. Normalmente,

el problema se anota en el cuaderno de mantenimiento de la aeronave y lo aborda el personal de tierra a la llegada del vuelo. Las acciones de mantenimiento serían las indicadas en los bloques de la columna central de la Fig. 13-2. Sin embargo, para minimizar el retraso en tierra, se recomienda que la tripulación de vuelo avise con antelación al personal de mantenimiento a través de operaciones de vuelo y del MCC. Esto permite que el personal de mantenimiento dedique tiempo antes de que la aeronave para revisar los registros anteriores y solucionar el problema. Así, se emplean las acciones que se muestran en la columna de la izquierda de la Fig. 13-2. En muchos casos, la tripulación de mantenimiento puede encontrarse con la aeronave con una solución en la mano, minimizando así el tiempo de inactividad de mantenimiento y los retrasos. Esto puede ser llevado a cabo por un equipo separado o por el mismo equipo que maneja cualquier otro ítem de la bitácora. Tenga en cuenta que tanto la firma de todas las discrepancias (o aplazamientos) como el mantenimiento de la aeronave deben completarse antes de devolver la aeronave al servicio de vuelo.

## CUADERNO DE BITÁCORA DE LA AERONAVE

El cuaderno de bitácora de la aeronave es un tipo de documento requerido por la FAA y la aerolínea para documentar cualquier discrepancia de mantenimiento. Una aeronave no puede volar a ningún destino sin su cuaderno de bitácora, ni tampoco puede ser llevada a cualquier otro lugar sin tener el cuaderno de bitácora a bordo. El cuaderno de bitácora muestra si hay discrepancias de mantenimiento abiertas, y si al mover o poner en marcha una aeronave, alguien puede dañar la aeronave o sus sistemas.

El departamento de mantenimiento de la aeronave es responsable de mantener el cuaderno de bitácora al día, lo que incluye el registro de información como el total de horas de vuelo y los ciclos al arreglar una discrepancia de mantenimiento de la aeronave. El piloto al mando debe anotar información básica como los nombres de la tripulación y el número de vuelo, y debe firmar el cuaderno de bitácora aceptando la aeronave. El cuaderno de bitácora contiene una sección que permite a la tripulación de vuelo escribir cualquier discrepancia de mantenimiento encontrada durante la comprobación previa al vuelo, encontrar cualquier problema de mantenimiento mientras está en el aire, o descubierto durante la comprobación posterior al vuelo. La tripulación de vuelo debe anotar la discrepancia de mantenimiento en el cuaderno de bitácora y notificar al MCC, para que el personal de mantenimiento pueda resolver el problema. Dependiendo de la discrepancia de mantenimiento, ésta puede ser arreglada rápidamente o puede ser aplazada bajo el programa MEL. Una vez que el MCC y el AMT se han puesto de acuerdo sobre el elemento aplazado, el AMT introduce la información adecuada en la casilla de acción correctiva adyacente a la casilla de discrepancia mecánica y firma con la información y el número de autorización de la MEL, que se obtuvo del MCC.

Una vez finalizado el mantenimiento de la aeronave y firmada la discrepancia, el AMT retirará la copia de la página de registro y la enviará al MCC. Algunas compañías aéreas recogen las copias de los registros al final de cada día de vuelo. Las páginas del cuaderno de bitácora son normalmente copias duplicadas, pero pueden ser por triplicado. Sólo se retiran las copias de una página del cuaderno de bitácora. La página original del cuaderno de bitácora siempre permanece en la aeronave hasta que el cuaderno de bitácora esté lleno y se instale un nuevo curso. El cuaderno de bitácora completo se envía al departamento de registros de la aeronave. Las páginas del cuaderno de bitácora enviadas al MCC se introducen en la base de datos de mantenimiento de M&E, y la información es utilizada por M&E, QA, QC y el departamento de fiabilidad para otras acciones diversas, verificaciones ATA y referencias futuras.

Las aeronaves modernas han sustituido o han mejorado el cuaderno de bitácora con el cuaderno electrónico. El sistema ACARS (ARINC communication and reporting system) se utiliza para transmitir datos a la base de la aerolínea. El sistema ACARS es un enlace de datos digital utilizado por la tripulación de vuelo para transmitir mensajes entre la aeronave y la base de mantenimiento durante el vuelo. Esto ayuda al MCC a evaluar las discrepancias y el tiempo necesario para las reparaciones. El sistema ACARS también se utiliza para firmar las discrepancias de mantenimiento (se utiliza como un cuaderno de bitácora electrónico) dependiendo de la aeronave utilizada y sus capacidades. Una vez que el AMT firma la discrepancia en el sistema ACARS, la registrará en el MCC o en la base de datos del sistema de registro de aeronaves. El sistema ACARS también se utiliza en la comunicación previa al vuelo y en otros sistemas integrales, para calcular el peso y el equilibrio de la aeronave, y para controlar las tendencias del motor.

*Las aeronaves en tránsito son objeto de mucha atención en cualquier aeropuerto, y esa atención suele concentrarse en un breve lapso de tiempo (a menudo de 30 minutos) denominado "turna round". Durante este tiempo, se deben realizar tareas de manejo, servicio y mantenimiento de los vuelos. Aunque no todas estas acciones serán necesarias en cada turno, las siguientes secciones proporcionan una visión general de lo que podría hacerse.*

### *Manejo del vuelo*

*El objetivo principal de la asistencia en vuelo es trasladar a los pasajeros, su equipaje y/o cualquier carga transportada fuera y dentro de la aeronave según sea necesario. Esto comienza con el estacionamiento de la aeronave en la puerta de embarque y la colocación de las escaleras aéreas o la rampa de entrada y la apertura de las puertas de la aeronave. Se trata de un esfuerzo conjunto en el que participan el personal de mantenimiento, el personal de asistencia en tierra, las tripulaciones de vuelo y de cabina, el personal de la terminal de la aerolínea y el personal de la torre de la FAA responsable del control en tierra. Observando esta actividad desde la sala de pasajeros, se ve un ballet bien coordinado de trabajadores y máquinas.*

*Los equipos y el personal de carga de equipajes y mercancías forman una segunda oleada de actividad, seguida de las actividades de servicio y mantenimiento. El servicio consiste en repostar, añadir agua potable y toda la comida y bebida para el siguiente vuelo, así como retirar la basura y otros materiales de desecho del anterior.*

*Mientras tanto (es difícil separar una actividad de otra desde su punto de vista en la sala de pasajeros), el equipo de mantenimiento ha entrado en el avión, ha revisado los diarios de a bordo y, si es posible, ha hablado con la tripulación sobre cualquier problema que pueda tener con el equipo. El personal de mantenimiento comprobará y solucionará los problemas e iniciará las reparaciones. En algunos casos (se recomienda siempre que sea posible), el aviso previo de los problemas ha permitido a mantenimiento solucionar un problema ("sobre el papel") antes de la llegada del avión, utilizando el manual de aislamiento de fallos (FIM) y el manual de mantenimiento del avión (AMM), y pueden encontrarse con el avión con una posible solución ya en la mano. Si el mantenimiento se completa, se anota en el cuaderno de bitácora. Si no, se aplaza según procedimientos predeterminados y esa acción se anota en el cuaderno de bitácora. La tripulación de vuelo también es notificada de esta condición antes del siguiente vuelo.*

*Estos aplazamientos deben tratarse de acuerdo con los requisitos de la MEL (véase el capítulo 1) y con el piloto al mando (PIC), que tiene la última palabra sobre el envío de la aeronave en esas condiciones. Si no se permite el aplazamiento, el personal de mantenimiento debe efectuar las reparaciones de inmediato y, en algunos casos, asumir la responsabilidad de un retraso o cancelación del vuelo (véase el Cap. 18). Si se produce un retraso o una cancelación, el MCC debe*

*coordinarse con las operaciones de vuelo y con el personal de la terminal de la compañía aérea para ocuparse de los pasajeros y, si es necesario, de su equipaje.*

*Así que, como ve, aunque el mantenimiento es nuestra principal preocupación en este curso, el mantenimiento de la línea es sólo una parte de la actividad en la línea en cualquier giro de la aeronave. Sus esfuerzos son extremadamente importantes y deben completarse dentro de una matriz de actividad y una estrecha ventana de oportunidad. Pero el mantenimiento en tránsito no es lo único que tiene que hacer la organización de mantenimiento de línea. En algunas aerolíneas, sus equipos de mantenimiento de línea también realizan algunas o todas las funciones anteriores bajo contrato para otras aerolíneas que aterrizan en esta estación y que no tienen asignado su propio personal de mantenimiento. Este trabajo por contrato se coordina a través del MCC.*

### **LÍNEA DE VUELO (PREVUELO Y POSVUELO)**

*La inspección previa al vuelo debe realizarse en el primer vuelo del día de la aeronave. El prevuelo contiene normalmente la secuencia recomendada y los procedimientos ampliados. La inspección previa al vuelo la realiza normalmente el primer oficial (copiloto) y no requiere la presencia de ambos miembros de la tripulación.*

*El prevuelo para las condiciones operativas de invierno es diferente y requiere precauciones básicas, el cumplimiento de procedimientos especiales y la atención a los detalles. Los pilotos de las aerolíneas reciben políticas y procedimientos específicos de operación invernal de las aeronaves en sus manuales de vuelo, que incluyen programas de descongelación y antihielo en tierra.*

*El siguiente es un ejemplo de la secuencia recomendada antes del vuelo:*

- ❖ Seguridad exterior
- ❖ Inspección exterior previa al vuelo
- ❖ Inspección de seguridad de la cabina
- ❖ Ubicación del equipo de la cabina de vuelo
- ❖ Escaneo de seguridad de la cabina de vuelo

*Los escaneos del exterior, de la cabina y de la cabina de vuelo se realizan en detalle con una observación visual general. Al realizar el recorrido, el primer oficina presta especial atención a todas las superficies de la aeronave, como ventanas, antenas, motor, capós, paneles de acceso y salidas de emergencia. Las escotillas de los equipos que no se utilizan están debidamente cerradas y aseguradas. Si se observa alguna anormalidad o discrepancia de mantenimiento durante la revisión previa al vuelo, la tripulación de vuelo enviará un mensaje a través del ACARS o de la radio de la aeronave utilizando una frecuencia de mantenimiento preestablecida y solicitará el mantenimiento a través del MCC.*

*Los escaneos del exterior, de la cabina y de la cabina de vuelo se realizan en detalle con una observación visual general. Al realizar el recorrido, el primer*

*oficina presta especial atención a todas las superficies de la aeronave, como las ventanas, las antenas, el motor, los capós, los paneles de acceso y las salidas de emergencia. Las escotillas de los equipos que no se utilizan están debidamente cerradas y aseguradas. Si se observa alguna anormalidad o discrepancia de mantenimiento durante la revisión previa al vuelo, la tripulación de vuelo enviará un mensaje a través del ACARS o de la radio de la aeronave utilizando una frecuencia de mantenimiento preestablecida y solicitará el mantenimiento a través del MCC.*

*La inspección posterior al vuelo debe realizarse después de cada vuelo. Su objetivo es detectar discrepancias evidentes y consiste en una comprobación menos tediosa que la inspección previa al vuelo. En el caso de que la tripulación de salida se encuentre con la tripulación de entrada en el avión, no es necesario realizar la inspección posterior al vuelo, ya que la siguiente tripulación de salida realizará una inspección previa al vuelo. Si se encuentran discrepancias de mantenimiento durante la comprobación posterior al vuelo, la tripulación informará de las discrepancias al MCC. Además, es responsabilidad de la tripulación de salida apagar toda la energía, las baterías, la energía externa y el suministro de oxígeno después de que todos los pasajeros hayan desembarcado.*

#### OTRAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DE LA LÍNEA

*Una vez que la emoción, el fervor y la conveniencia del esfuerzo de cambio de rumbo se han calmado, la organización de mantenimiento de la línea se ocupa de otras numerosas tareas. Una de ellas es la realización de la revisión diaria o de 48 horas (véase el capítulo 2) en todos los aviones asignados. Estas comprobaciones suelen realizarse antes del primer vuelo del día (por la noche o por la mañana). La comprobación diaria o de 48 horas consiste en elementos específicos indicados en el programa de mantenimiento identificado en las especificaciones de operaciones de la unidad. La aerolínea puede añadir otros elementos según sea necesario. La Tabla 13-1 muestra una revisión típica de 48 horas para un avión bimotor; la Tabla 13-2 es una revisión típica de tránsito para el mismo avión. Estos elementos difieren en cierta medida para los aviones de pasajeros y de carga y para el equipo específico de la aerolínea.*

TABLA 13-1 Revisión típica de 48 horas (bimotor)

- ❖ Comprobar el estado de los frenos
- ❖ Comprobar los niveles de aceite de los IDG y APU
- ❖ Comprobar el desgaste de los neumáticos del tren de aterrizaje principal y de morro
- ❖ Comprobar la presión de inflado de los neumáticos del tren de aterrizaje principal y de morro Comprobar el estado de los conjuntos del tren de aterrizaje principal y de morro Comprobar el indicador de elevación del amortiguador de cola
- ❖ Comprobar el funcionamiento de la energía de reserva
- ❖ Probar los estopines del motor, APU y carga en el panel de prueba de estopines.
- ❖ Probar el estopín de la corredera de escape en el panel de prueba (avión de pasajeros)
- ❖ Aplique los frenos y compruebe que los frenos del tren de aterrizaje se activan y se desgastan
- ❖ Comprobación del funcionamiento de las luces interiores de emergencia Comprobación del funcionamiento de los sistemas de incendio/sobrecalentamiento Comprobación del funcionamiento del TCAS (si está instalado)
- ❖ Comprobar visualmente el estado de las juntas de las puertas de carga (ETOPS)

TABLA 13-2 Comprobación típica de tránsito (bimotor)

- ❖ Revisar el aceite del motor según sea necesario
- ❖ Comprobar el estado de las puertas de entrada/salida de aire RAM y de la válvula de salida de presión de la cabina, así como si hay obstrucciones
- ❖ Revisar las válvulas de alivio de presión positiva para ver si se han abierto las válvulas
- ❖ Compruebe todas las superficies de control de vuelo móviles para ver si están en buen estado, si están obstruidas y si están bloqueadas.
- ❖ Asegúrese de que la puerta de la estación de combustible esté cerrada
- ❖ Compruebe que los neumáticos y las ruedas del tren de aterrizaje principal y del morro no presentan daños evidentes
- ❖ Compruebe el estado de las antenas de navegación y comunicación Compruebe el estado de los puertos estáticos, la sonda TAT, las sondas estáticas pitot y las paletas AOA
- ❖ Comprobar la presencia del disco de descarga de oxígeno de la tripulación
- ❖ Comprobar las zonas del mástil de drenaje y los desagües en busca de fugas de combustible y/o fluido hidráulico
- ❖ Revisar la aleta vertical y el timón, los estabilizadores horizontales y los elevadores para ver si hay daños evidentes, evidencia de fugas de fluido y descargadores estáticos faltantes o dañados
- ❖ Comprobar las superficies inferiores de las alas y las puntas de las alas en busca de daños evidentes y de fugas de combustible
- ❖ Comprobar los capós del motor para ver si hay daños evidentes; comprobar que la puerta de soplado no está abierta y que los cierres son seguros; comprobar si hay signos de fuga de fluido
- ❖ Comprobar la cubierta de entrada, el rotor del ventilador y las palas del rotor del ventilador (ambos motores)

Además de las comprobaciones diarias y de 48 horas, los elementos del programa de mantenimiento que están programados en tiempos inferiores al intervalo de la comprobación "A" son realizados por el personal de mantenimiento de línea, ya sea durante el cambio de turno (si el tiempo lo permite) o siempre que la aeronave esté en tierra durante una cantidad de tiempo suficiente, como por ejemplo durante la noche o en grandes lagunas en el programa de vuelo diario. Este tiempo de inactividad también es utilizado por la planificación y el control de la producción (véase el capítulo 9) para programar la comprobación "A" propiamente dicha. Por lo general, esta comprobación puede realizarse durante la noche con una tripulación suficiente o puede dividirse en dos fases y realizarse en noches consecutivas por una tripulación más pequeña (lado izquierdo del avión una noche, lado derecho la siguiente).

Las tripulaciones de mantenimiento de línea también pueden ser requeridas para realizar inspecciones especiales o incluso simples modificaciones o inspecciones de los equipos durante los períodos de turnos o durante la noche si el tiempo y las condiciones lo permiten. Estas modificaciones o inspecciones pueden ser sugeridas por los fabricantes, dictadas por las autoridades reguladoras o impuestas por las unidades de control de calidad de la aerolínea. Pueden ser necesarias en un solo avión o en toda la flota. Si las comprobaciones son sencillas o implican un gasto de tiempo corto, las tripulaciones de mantenimiento de línea son capaces de llevar a cabo las tareas. Sin embargo, si los requisitos de tiempo son más largos, estas tareas pueden asignarse a una visita de mantenimiento más larga, como la diaria, la de 48 horas o la nocturna; o si la tarea requiere la apertura de paneles, el desmontaje o la retirada de componentes, u otras actividades de mantenimiento extensas, las tareas pueden ser reubicadas.

Si la tarea requiere la apertura de paneles, el desmontaje o la retirada de componentes, u otras actividades de mantenimiento extensas, las tareas pueden ser relegadas al mantenimiento en el hangar o en el taller (véase el capítulo 14).

#### ACTIVIDADES DE LA ESTACIÓN DE LÍNEA

Se han utilizado dos términos, en cierto modo intercambiables, para referirse a las actividades de mantenimiento en estaciones que no son la base de la aerolínea. Estos términos son estación de línea y estación externa. Estos términos suelen considerarse sinónimos. En su mayor parte, la actividad de la estación de línea es una versión más pequeña de la actividad de la estación de origen. El mismo tipo de actividades tiene lugar en relación con las aeronaves en tránsito. Sin embargo, la estación de línea puede tener personal y habilidades limitadas; disponibilidad limitada de repuestos y suministros; e instalaciones limitadas (casetas, espacio de hangar, GSE) para la realización del mantenimiento.

Una de las consecuencias de esta disposición es que un mayor número de acciones de mantenimiento diferido se llevará a cabo en las estaciones de línea que en la base de origen. En algunos casos, la reparación puede realizarse en la siguiente parada, en alguna otra parada de la ruta, o aplazarse hasta la llegada a la base de origen. Estas acciones de aplazamiento deben coordinarse con el MCC.

El MCC de la aerolínea en la base de origen debe proporcionar o disponer de los repuestos, suministros y personal de mantenimiento necesarios para la resolución de cualquier problema que se produzca cuando haya limitaciones en cualquiera de estas áreas en esa estación. Esto también se aplica a las estaciones en las que la compañía aérea no tiene actividad permanente. Las tripulaciones y los suministros deben obtenerse *in situ* de otras aerolíneas o ser transportados por avión hasta el lugar por el operador. Como último recurso, la aeronave puede tener que ser llevada a casa o transportada a otro lugar adecuado para las reparaciones. Por supuesto, también hay que organizar la disposición de los pasajeros con la oficina comercial y las operaciones de vuelo. En todas estas situaciones, el MCC es responsable de hacer todos los arreglos y de coordinar con todas las partes involucradas.

Otras preocupaciones en las estaciones externas incluyen la contratación de personal de mantenimiento en el lugar para efectuar reparaciones y para el servicio de la aeronave. A no ser que la compañía aérea haya llegado a acuerdos contractuales previos con la estación, los arreglos para el mantenimiento son gestionados por el MCC. En algunas aerolíneas, sin embargo, el piloto al mando tiene la autoridad para contratar cualquier servicio necesario, pero esto también debe coordinarse con el MCC. Independientemente de cómo se maneje el problema, debe estar detallado en el TPPM de la aerolínea, y toda la actividad debe ser reportada a través del MCC de la aerolínea para su coordinación y ejecución dentro de la misma.

#### REQUISITOS DE APTITUD DEL PERSONAL DE MANTENIMIENTO

A menudo se piensa que, debido a la naturaleza sencilla del trabajo -mantenimiento y revisión de turnos-, la unidad de mantenimiento de línea puede ser atendida por el personal más nuevo y menos experimentado. Nada más lejos de la realidad. El trabajo realizado por el mantenimiento de línea abarca un amplio ámbito de actividad. Mientras que los talleres y el hangar pueden emplear a especialistas que trabajan esencialmente en uno o unos pocos elementos de forma repetida, el personal de línea tiene que conocer todo el avión: todos sus sistemas y sus interacciones. Los mecánicos de línea tienen que ocuparse de un problema diferente, a menudo en un tipo de avión distinto, cada vez que se les llama para atender un vuelo.

Las tripulaciones asignadas al mantenimiento de línea deben estar bien cualificadas en su profesión. Deben ser mecánicos certificados y aprobados por la autoridad reguladora y la aerolínea para trabajar en el fuselaje, la planta motriz y los sistemas de la aeronave, y deben estar certificados para firmar las tareas de mantenimiento y autorizar la "vuelta al servicio" de una aeronave. La tripulación de mantenimiento de línea también puede incluir ayudantes sin licencia y personal en prácticas, pero deben trabajar bajo la supervisión de personal cualificado. Se pueden asignar inspectores de control de calidad específicos a las tripulaciones de línea (aerolíneas más grandes), o se puede nombrar al personal de mantenimiento de línea como inspectores designados para abordar los problemas de calidad a medida que surjan (véase el capítulo 17). Los inspectores de control de calidad de cualquiera de los dos tipos también pueden formar parte del personal del CCM, en función de los requisitos y el tamaño de la operación.

Las habilidades requeridas por las tripulaciones de mantenimiento de línea son tan amplias como el esfuerzo de trabajo. Las tripulaciones deben estar familiarizadas con todos los tipos de aviones de la flota de la aerolínea. Deben estar familiarizados con las normas y reglamentos aplicables de la FAA, así como con las políticas y procedimientos de la aerolínea relacionados con las actividades de mantenimiento de línea. Aunque estas tripulaciones de línea normalmente serán supervisados y apoyados por el MCC, hay momentos (durante la noche) en los que la tripulación de línea realiza las tareas del MCC además de sus tareas normales.

Los conocimientos y técnicas generales de mantenimiento son imprescindibles, pero las cuadrillas de mantenimiento de líneas también deben saber qué especialistas, si los hay, se necesitarán para completar un trabajo concreto si no pueden hacerlo ellos mismos. Gran parte de este esfuerzo, por supuesto, sería manejado por el supervisor de mantenimiento de línea o por el MCC. Pero hay que tener en cuenta que, en las aerolíneas pequeñas, estas funciones pueden fusionarse en una sola tripulación, o en una o dos personas. Dado que la tripulación de mantenimiento de línea es responsable de todo lo que surja, necesita tener las habilidades necesarias para realizar el mantenimiento programado y no programado, para solucionar los problemas, para realizar las inspecciones requeridas (RIIs) y las inspecciones condicionales (aterrizajes duros, choques con aves, etc.), y para hacer todo el papeleo requerido.

El papeleo incluye el manejo de los cursos de registro (informes de los pilotos o PIREPS); el manejo de las tarjetas de tareas (comprobación "A" e inferior); las órdenes de ingeniería (véase el capítulo 8); los elementos repetidos (con MCC);

*los elementos de mantenimiento diferido (DMI) entrantes y salientes; y cualquier otro informe o acción de MCC que pueda producirse.*

*La composición de las tripulaciones de línea, el número de turnos, la duración de los turnos y la programación del personal dependen de varios factores: el tamaño de la aerolínea, el programa de vuelos, los tipos de aeronaves que se vuelan (los diferentes tipos suelen requerir diferentes habilidades) y el tipo y la cantidad de trabajo realizado. Cada compañía aérea debe decidir el enfoque más adecuado para satisfacer sus propias necesidades.*

*Hay que destacar un último punto de la actividad de mantenimiento de línea. Si se realiza algún trabajo de mantenimiento que requiera repartirse entre dos (o más) turnos, debe haber procedimientos escritos sobre la forma en que se transfiere la información del trabajo de un equipo de trabajo al siguiente para garantizar la correcta realización del trabajo. Algunas compañías aéreas lo consiguen exigiendo a la tripulación original que continúe más allá de sus horas de trabajo normales hasta que se complete el trabajo. De este modo, no se requiere ningún procedimiento de cambio. Otras aerolíneas, sin embargo, prefieren pasar el trabajo (tanto el mantenimiento como la inspección y el papeleo) a la tripulación del siguiente turno. Sea cual sea la forma en que sea cual sea la forma en que se haga, los procedimientos para el traspaso del trabajo y las actividades de inspección deben estar detallados en el TPPM (véase el Cap. 5).*

## CAPÍTULO 14

### MANTENIMIENTO DEL HANGAR (EN LA AERONAVE)

#### INTRODUCCIÓN

*El mantenimiento en hangar, ya sea que la aerolínea tenga o no un hangar para dicha actividad, se refiere al mantenimiento que se realiza en una aeronave fuera de servicio (OTS). Esto incluye cualquier mantenimiento o modificación importante en aeronaves que han sido retiradas temporalmente del programa de vuelo, generalmente con ese propósito expreso. Los siguientes tipos de actividades se abordan en el mantenimiento en hangar:*

1. *Comprobaciones del programa (comprobación "C", comprobación "D", visita de mantenimiento pesado).*
2. *Modificación del fuselaje o de los sistemas de la aeronave de acuerdo con los boletines de servicio, las directivas de aeronavegabilidad o las órdenes de ingeniería*
3. *Directivas de la campaña de la flota*
4. *Desmontaje e instalación de motores de aeronaves*
5. *Pintura de aeronaves*
6. *Modificación del interior de la aeronave*
7. *Inspección especial requerida por la FAA (por ejemplo, programa de corrosión)*

*Cualquier visita al hangar puede incluir varias combinaciones de las actividades anteriores para lograr los objetivos de mantenimiento y minimizar el tiempo de inactividad por mantenimiento. La programación de estas actividades la realiza la organización de planificación y control de la producción con la coordinación de todas las unidades implicadas. Este proceso de planificación se trató en el capítulo 9.*

*El lavado de las aeronaves puede realizarse en el exterior, en la rampa, o en una plataforma especial en la parte trasera, pero la pintura de las aeronaves se realiza normalmente en un hangar dedicado a la pintura. El hangar principal (el único hangar para algunas aerolíneas) suele estar dedicado al mantenimiento. Esta instalación debe ser lo suficientemente grande, con las puertas del hangar cerradas, para albergar el avión más grande de la flota de la aerolínea que vaya a ser objeto de mantenimiento. Este hangar debe incluir altura para la sección vertical de la cola, así como espacio alrededor del avión para acomodar los puestos de mantenimiento y otras unidades de trabajo necesarias para el trabajo de mantenimiento. En ocasiones, las compañías aéreas deben trabajar en las aeronaves con la sección de cola vertical sobresaliendo del hangar y con las puertas del mismo no cerradas del todo. Este es un procedimiento aceptable cuando la única alternativa es modificar el hangar o construir uno nuevo.*

*El propio edificio del hangar también ofrece espacio para numerosos talleres de apoyo, el taller de revisión (que se analiza más adelante en este capítulo) y el equipo de apoyo en tierra, así como espacio de oficinas para el personal de gestión de mantenimiento del hangar, de PP&C, de almacenes y logística, y de administración. Debe haber una zona de muelle que sirva de centro de control del progreso de la facturación del mantenimiento del hangar. Esto incluye el espacio donde se guardan las tarjetas de trabajo y las tarjetas de trabajo no rutinario con el fin de asignar el trabajo y firmar las distintas*

tareas de mantenimiento. Esta zona es también el punto central del personal de supervisión e inspección del hangar. Esta zona del muelle es para el mantenimiento del hangar lo que el MCC es para el mantenimiento de línea: el centro de actividad y control. Los repuestos y los suministros necesarios para el mantenimiento que se realiza en el hangar deben almacenarse en una zona específica lo más cerca posible de la aeronave. Debe haber un espacio separado para los artículos retirados de la aeronave y para los nuevos artículos que se instalen. Todos los artículos deben estar debidamente etiquetados.

La distribución del suelo del hangar y la separación de los muelles se planifica en función del tipo de flota, que puede incluir aviones con cuatro motores, aviones con dos motores, aviones de fuselaje ancho, aviones de fuselaje estrecho y aviones con diferentes ubicaciones de los motores. El hangar debe acoger el mantenimiento simultáneo de diferentes tipos de aviones. Los planos y la distribución de los hangares suelen estar identificados en el TPPM de la compañía aérea. Dependiendo de la operación de la aerolínea y del trabajo realizado, puede requerir un muelle separado y una tripulación separada para realizar diferentes tareas. Las capacidades y necesidades del hangar de los mencionados son esencialmente las mismas: (a) el espacio del hangar debe ser adecuado para el trabajo realizado, y (b) el mantenimiento del hangar debe planificarse, programarse y controlarse para garantizar que el trabajo requerido se complete a tiempo. Al final de este capítulo se analizará una visita típica al hangar, una revisión "C".

## ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO DE HANGARES

El mantenimiento de hangares es un puesto de nivel directivo que depende del director de mantenimiento de aeronaves (DOM). Bajo el DOM hay una estructura organizativa típica con puestos de dirección y supervisión: mantenimiento de aeronaves, GSE, instalaciones y talleres de apoyo. El supervisor de mantenimiento de aeronaves es responsable de todas las actividades de mantenimiento del hangar. Controla el flujo de aeronaves que entran y salen de la revisión, así como las tripulaciones de mantenimiento que trabajan en las revisiones. El supervisor de mantenimiento de aeronaves coordina con los talleres de revisión y apoyo, materiales, planificación y control de la producción, mantenimiento de la línea de vuelo y operaciones de vuelo lo relativo a las aeronaves del hangar. El supervisor de GSE e instalaciones es responsable de todo el equipo de apoyo en tierra utilizado para apoyar al personal de mantenimiento del hangar, así como de la actividad de mantenimiento de la línea de vuelo y del edificio e instalaciones utilizados por el mantenimiento. El supervisor de los talleres de apoyo es responsable de todas las actividades de apoyo para el servicio y el mantenimiento de las aeronaves que no están designadas como talleres de revisión. Los talleres de apoyo incluyen los de apoyo a la soldadura, material compuesto, chapa, tapicería, asientos e interiores. En las siguientes secciones de este capítulo se hablará del mantenimiento en hangares, los talleres de apoyo y los talleres de revisión.

## ÁREAS PROBLEMÁTICAS EN EL MANTENIMIENTO DEL HANGAR

Existen varias áreas dentro de la actividad de mantenimiento de hangares que, en ocasiones, pueden causar algunos problemas. A continuación, se comentan para preparar al lector para el mundo real del mantenimiento.

### ELEMENTOS NO RUTINARIOS

Las comprobaciones básicas de mantenimiento tienen requisitos de tareas para diversas inspecciones, comprobaciones funcionales y comprobaciones operativas del equipo de la aeronave. Se conocen como elementos de mantenimiento rutinario y requieren una cantidad de tiempo fija para su realización. Los requisitos de tiempo se identifican en el MPD/OAMP y los elementos estimados necesarios para completar el trabajo, asumiendo que todas las repuestos, suministros, herramientas, equipos y personal están disponibles en la aeronave. Los requisitos suponen que todo el trabajo se desarrollará sin problemas y sin retrasos o interrupciones y que los mecánicos sabrán exactamente qué hacer y cómo hacerlo. Las compañías aéreas suelen multiplicar el tiempo estimado por dos o tres (más en el caso de los aviones más antiguos) para ser más realistas. Esto lo suele hacer ingeniería cuando se desarrolla el programa de mantenimiento o PP&C cuando se hace la planificación.

Si las cosas fueran siempre según el plan, todo el trabajo necesario para la mayoría de las comprobaciones sería sencillo y las actividades de mantenimiento requerirían una cantidad de tiempo fija. Sin embargo, muchas de estas tareas rutinarias revelarán problemas que deben ser abordados. Los requisitos en cuanto a habilidades, repuestos, suministros y tiempo pueden variar considerablemente en función de la naturaleza de la discrepancia encontrada. Estas tareas se denominan elementos no rutinarios y, por su naturaleza, pueden prolongar el tiempo de inactividad de la aeronave necesario para realizar la revisión en el hangar. Es responsabilidad del supervisor de mantenimiento del hangar o del muelle calcular adecuadamente el tiempo necesario para estos elementos no rutinarios. El equipo de mantenimiento y la dirección deben asegurarse de que estos elementos no rutinarios no causen retrasos indebidos. Aunque a ningún mecánico le gusta que le midan el tiempo de su trabajo, es importante, a efectos de planificación, saber cuánto tiempo

se tarda (por término medio) en realizar estos trabajos no rutinarios para poder planificar adecuadamente en el futuro. Es una información que se recoge a lo largo de varios ciclos de comprobación.

#### DISPONIBILIDAD DE PIEZAS

Una actividad que afecta al tiempo de inactividad por mantenimiento es el tiempo que los mecánicos pasan "persiguiendo repuestos". Una vez más, es función de PP&C determinar qué repuestos y suministros se necesitarán para el trabajo rutinario y no rutinario, así como para los elementos aplazados de otras comprobaciones de mantenimiento y los repuestos requeridos por los boletines de servicio, las directivas de aeronavegabilidad y cualquier otro trabajo que se incorpore a la comprobación programada. Material (Cap. 15) es responsable de la entrega de repuestos y suministros al hangar justo a tiempo (JIT) para que el mantenimiento los utilice. La dirección del hangar, a su vez, debe proporcionar un área de preparación de repuestos en el hangar, cerca del muelle de la aeronave, para que estas repuestos y suministros se entreguen y almacenen. Esta zona debe ser accesible para el personal de trabajo y, al mismo tiempo, estar protegida contra el robo o hurto de repuestos. Esta área también debe proporcionar espacio para que los mecánicos dejen los repuestos retirados de la aeronave que vayan a ser reparadas o desechadas, para que el material pueda procesarlas adecuadamente. Es responsabilidad del personal de mantenimiento asegurarse de que estos artículos estén debidamente etiquetados. El establecimiento de esta zona de almacenamiento de repuestos y la entrega de las mismas cuando se necesiten permite al personal de mantenimiento dedicar su tiempo y esfuerzo al trabajo para el que fueron contratados, el mantenimiento, en lugar de dedicarlo a recorrer el aeropuerto para recoger los repuestos y los suministros que necesitan.

#### LA SAGA DEL ROBO DE PIEZAS

El robo de repuestos o canibalización, como se denomina en el mantenimiento de aeronaves, es un mal necesario. En principio, estamos en contra de esta práctica, pero entendemos que a veces es necesaria. Sobre todo, si se quieren cumplir los plazos y objetivos establecidos para los programas de mantenimiento de las aerolíneas: Entregar un vehículo en condiciones de volar al departamento de vuelo a tiempo para mantener el programa de vuelos y entregar el avión con todo el mantenimiento requerido realizado. La rápida puesta en servicio de un avión por parte de la línea de mantenimiento es un logro admirable, pero el robo de una pieza de otro avión para lograrlo suele provocar el retraso de esa segunda aeronave en su puesta en servicio. Un escenario típico es algo así:

La aeronave número de cola (TN) 317 está en tránsito (30 minutos de vuelta) y necesitará una pieza que no está disponible en los almacenes debido a una discrepancia de mantenimiento.

Para evitar el retraso o la cancelación del vuelo programado del TN 317, la pieza necesaria se toma del TN 324, que está en el hangar realizando una revisión "C". Así, el TN 317 vuelve a estar en servicio sin sufrir un retraso y las operaciones de vuelo, el mantenimiento de línea, la oficina comercial de la aerolínea y los pasajeros están contentos, pero ¿qué pasa con el mantenimiento del hangar?

En primer lugar, ¿encargó el mantenimiento del hangar la pieza como avión en tierra (AOG) para el TN 324? Si el personal de mantenimiento del hangar había realizado el mantenimiento necesario (rutinario y no rutinario, modificación, etc.) en el sistema del que se canibaliza la pieza, el trabajo debe repetirse en su totalidad o en parte.

Esto también puede causar un retraso en la liberación del control "C" si la pieza no está disponible. En cualquier caso, la pieza no está disponible y el avión está listo para salir de la comprobación "C" salvo que la pieza robada no haya llegado. Con respecto a nuestros objetivos, la pieza debe ser robada de otra aeronave de chequeo "C" entrante y el ciclo de canibalización continúa de aeronave a aeronave hasta que llegue la pieza pedida. El personal de mantenimiento del hangar suele llenar el papeleo de canibalización, que consiste en una explicación por escrito de dónde se robó la pieza (si hay más de una pieza en el avión); la descripción de la pieza, el número de serie y la ubicación; y en qué avión está instalada la pieza robada.

Las normas relativas al robo de repuestos se establecen en el TPPM de la aeronave o en el manual de operaciones de la aerolínea. Las políticas especifican que (a) la canibalización de repuestos sólo debe practicarse en caso de absoluta necesidad, (b) los repuestos deben pedirse a través de almacenes y material, y (c) el robo de repuestos sólo debe hacerse con el consentimiento de la dirección. Toda la intención de la canibalización es permitir que la aeronave vuelva a estar en servicio rápidamente, para asegurar que la pieza requerida esté en orden, y para asegurar que todas las unidades de M&E involucradas estén al tanto de la situación y su estado. Está en consonancia con el objetivo del mantenimiento de evitar la repetición innecesaria del trabajo. Si es necesario aumentar el nivel de existencias de la pieza en cuestión para

evitar el robo de repuestos, esto debe determinarse y abordarse en una fase temprana del proceso, evitando así problemas similares en el futuro.

#### ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO EN EL HANGAR: UN CHEQUEO "C" TÍPICA

El contenido de una comprobación "C" variará de una compañía aérea a otra, de un avión a otro e incluso de una comprobación a otra para el mismo avión o tipo. El análisis que sigue es típico y, por comodidad, se divide en varias etapas que, en realidad, pueden solaparse o incluso fundirse. Para esta ilustración, dividiremos la comprobación típica en cinco secciones: (1) preparación; (2) actividades preliminares; (3) realización del control; (4) finalización y aprobación; y (5) vuelta al servicio.

#### PREPARACIÓN DEL CHEQUEO "C"

Ya hemos hablado de las actividades preliminares de ingeniería (capítulo 8), de la planificación y el control de la producción (capítulo 9) y de la reunión de planificación de M&E (también capítulo 9), por lo que no se repetirán aquí. Para comenzar la comprobación propiamente dicha, la organización de mantenimiento del hangar debe prepararse para recibir el avión y para la logística y gestión de la comprobación. Se limpia el hangar; se despeja el espacio para la aeronave; se introducen en el hangar las gradas, los andamios y otros equipos necesarios para su uso inmediato o se ponen a disposición para su uso posterior. El almacén de repuestos se abastece con las repuestos y suministros necesarios para el trabajo que se va a realizar. Esto, por supuesto, es un proceso continuo a lo largo de la revisión. Los repuestos y los suministros se entregarán "según se necesiten" o justo a tiempo.

En la zona del muelle, donde se lleva a cabo la administración y la gestión del control, hay un gran estante de pared con bolsillos que contiene todas las tarjetas de tareas rutinarias requeridas por el programa de mantenimiento y el control concreto que se va a realizar. Hay una fila para las tarjetas de cada puesto de trabajo (aviónica, hidráulica, etc.) y dos zonas delimitadas para separar las tarjetas completadas de las que quedan por trabajar. Los equipos de trabajo están disponibles o en espera de la llegada del avión.

#### ACTIVIDADES PRELIMINARES DE LA REVISIÓN "C"

La primera orden del día, por lo general, es lavar la aeronave. El vehículo es remolcado por el personal de tierra, con los correspondientes "wing walkers" y el equipo de comunicaciones para la seguridad, hasta la zona del estante de lavado para una limpieza a fondo. Una vez terminado el lavado, el avión se remolca hasta el hangar, donde se aparca y se calza; ahora comienza el trabajo. Se abren los paneles y los capós y se realizan inspecciones visuales. Cualquier discrepancia encontrada en este momento requerirá tarjetas de trabajo no rutinarias. Estas tarjetas son generadas por QC y se colocan en el estante de tarjetas para su posterior realización con otras tarjetas de trabajo. A continuación, o junto con las inspecciones, se colocarán los soportes y andamios (según sea necesario) alrededor de la aeronave para permitir el acceso a las áreas de trabajo durante la revisión. También se colocarán los carros eléctricos, neumáticos o hidráulicos, así como las herramientas especiales y los equipos de prueba necesarios para las tareas programadas.

#### REALIZACIÓN DE LA COMPROBACIÓN "C"

Los mecánicos se asignan a las tareas de acuerdo con el programa de comprobación elaborado por PP&C de manera eficiente. El trabajo a realizar en cualquier área determinada por más de un puesto de trabajo se programa en secuencia para evitar la congestión en el área de trabajo y para minimizar la apertura y cierre de paneles, capós, etc. Cualquier elemento no rutinario que se genere durante el trabajo normal se anotará en tarjetas no rutinarias y se trabajará o se programará para trabajar en un momento posterior. La mayoría de las unidades elaboran un gráfico PERT o alguna otra forma de ayuda visual que muestra el programa de trabajo previsto. Este gráfico se actualiza, o se anota, según sea necesario durante la comprobación para dar cabida al trabajo no rutinario o a cualquier otro retraso o ajuste del calendario que pueda encontrarse.

El personal del muelle transmitirá a Material las solicitudes de repuestos y/o suministros adicionales que no figuren en el plan original, o de repuestos y suministros que aún no se hayan entregado en el lugar de trabajo. El personal de material entregará estos artículos en la zona de preparación de repuestos para evitar que los mecánicos tengan que buscarlas.

Los inspectores de control de calidad volverán a inspeccionar los artículos previamente rechazados y aprobarán el trabajo (recompra, véase el capítulo 17). Cualquier retraso en el programa de comprobación, especialmente los que afecten a la vuelta al servicio, será coordinado con el MCC y las operaciones de vuelo por el jefe de muelle. Si todo va bien, la revisión "C" se completará a tiempo y la aeronave saldrá de la revisión "limpia", es decir, con todas las tareas requeridas completadas sin elementos de mantenimiento diferido.

## **FINALIZACIÓN Y FIRMA DE LA REVISIÓN "C"**

Aunque el trabajo de mantenimiento es la parte clave del esfuerzo, la comprobación no está realmente completa hasta que se haya garantizado que todas las hojas de ruta -rutinarias y no rutinarias- se han completado, firmado y, cuando sea necesario, inspeccionado, sellado y aprobado por el control de calidad. Esto incluye todo el trabajo rechazado y las subsiguientes acciones de reelaboración y recompra. El responsable de esta actividad es el inspector superior de control de calidad asignado a la comprobación. Él o ella debe revisar cada tarjeta de trabajo para ver las firmas o iniciales de los mecánicos, según se requiera, indicando el cumplimiento y la finalización de la tarea y los sellos de control de calidad (y las iniciales) para cualquier trabajo que requiera una inspección de control de calidad. Cualquier discrepancia observada en este momento debe ser corregida, aunque requiera más trabajo e inspección. Cuando todas las tarjetas de trabajo han sido completadas, firmadas y aceptadas, el QC firma la comprobación como completa y libera la aeronave de la comprobación, lista para el servicio.

## **VUELTA AL SERVICIO**

Una vez que el control de calidad ha dado el visto bueno a la comprobación, el jefe de muelle notifica a MCC y a operaciones de vuelo la disponibilidad de la aeronave. A continuación, el mantenimiento remolca la aeronave desde el hangar hasta la rampa y el departamento de operaciones de vuelo la devuelve al programa de vuelo activo. El personal de tierra atiende el vehículo (combustible, comida, etc.) y el personal de cabina prepara el avión para los pasajeros.

## **MIENTRAS TANTO...**

Una vez finalizada la comprobación y trasladado el avión fuera del hangar, es necesario realizar un esfuerzo de limpieza en el hangar y en la zona del muelle. En primer lugar, hay que recoger todas las hojas de ruta completadas y enviarlas a otras unidades de M&E (PP&C, ingeniería y fiabilidad, según sea necesario) para analizar y registrar los elementos significativos. Esto ayudará a PP&C en la planificación de futuras comprobaciones y permitirá a ingeniería y a fiabilidad contabilizar la información sobre los resultados de las comprobaciones para ayudar en futuras investigaciones de problemas y para un posible ajuste (escalado) de los intervalos de las tareas o comprobaciones. Todos los artículos no utilizados, reparables o desecharados que queden en la zona de almacenamiento de repuestos serán retirados por material y procesados según sea necesario. Las áreas del hangar y del muelle se limpiarán y se pondrán en orden para la siguiente actividad, cuando se repita todo el proceso para la siguiente aeronave, que puede ser del mismo modelo con requisitos de comprobación similares, o un modelo de aeronave diferente con requisitos completamente distintos. El tamaño de la aerolínea y la composición de su flota harán variar las actividades del hangar para comprobaciones específicas, pero el proceso es esencialmente el mismo para todas ellas.

## **REUNIONES MATINALES**

Una de las actividades más importantes de la operación de M&E es la reunión matutina. Ésta se celebra a primera hora de la mañana y la lleva a cabo el centro de control de mantenimiento (MCC) para tratar el estado actual del mantenimiento:

1. Aviones fuera de servicio con el estado de mantenimiento en todo el sistema de la aerolínea (hangar y mantenimiento de línea)
2. Situación de las aeronaves AOG y resoluciones.
3. La programación de vuelos del día
4. Cualquier problema o cambio significativo en el mantenimiento que pueda afectar al programa de vuelo y de mantenimiento del día

Durante esta reunión matutina, el personal de mantenimiento también puede discutir (o puede haber una reunión separada) las próximas actividades y problemas de mantenimiento en el hangar y en el taller.

Después de la reunión matutina sobre la situación del mantenimiento de las aeronaves del CCM, se celebra otra reunión en la que se discute la planificación del mantenimiento diario, incluida la ruta de las aeronaves debido al mantenimiento requerido y los requisitos de logística y herramientas que puedan ser necesarios. El objetivo de estas reuniones es permitir a los responsables y supervisores de M&E estar al corriente de todo lo que ocurre en el área de mantenimiento y abordar rápidamente cualquier problema que pueda surgir.

## TALLERES DE MANTENIMIENTO Y REVISIÓN EN HANGARES (FUERA DE LA AERONAVE)

*Los talleres de mantenimiento y revisión del hangar son una parte vital de la operación del hangar. Estos talleres están diseñados para ayudar y apoyar las revisiones de mantenimiento de aeronaves pesadas (revisiones "C" y "D") y constan de varias especialidades. Los empleados de estos talleres de apoyo requieren habilidades especiales para el trabajo que realizan. No necesitan una licencia de la FAA como los que trabajan en los talleres de revisión, a los que se les exige una licencia de A&P o un certificado de reparador de la FAA. El trabajo del taller de apoyo puede realizarse en la aeronave o fuera de ella, dependiendo de la discrepancia del trabajo. Debido a la naturaleza de algunas reparaciones, estas tareas pesadas se realizan mientras la aeronave está fuera de servicio durante un tiempo. Por lo tanto, los talleres de apoyo y revisión forman parte de la función de mantenimiento del hangar.*

*Los talleres de apoyo y revisión del hangar constan de varias especialidades. Realizan trabajos de reacondicionamiento o reparación de paneles y superficies de aeronaves, así como del material de los motores de las aeronaves (de chapa o de material compuesto). También cuentan con un taller de interiores para la reparación, modificación y renovación de los interiores de las aeronaves; la reparación y modificación de los asientos de los pasajeros y de la tripulación; y la pintura de las aeronaves. Los talleres asociados a la actividad del hangar serían los de soldadura (gas, eléctrica y soldadura TIG).*

*El trabajo realizado por estos talleres no forma parte directamente del programa de mantenimiento programado, y no se especifica en el documento MRB o en la Ops Spec de la aerolínea como mantenimiento rutinario o no rutinario, pero se requerirá trabajo en los diversos componentes mencionados anteriormente de vez en cuando, ya sea por tarjeta de trabajo no rutinario o por SB, AD o una OE. Algunas compañías aéreas también pueden realizar trabajos en estos talleres de apoyo para otras aerolíneas u operadores de bases fijas para generar ingresos.*

## ORGANIZACIÓN DE LOS TALLERES DE APOYO Y REVISIÓN

*El gerente del taller de revisión es responsable de la gestión y administración general de los talleres de apoyo y revisión de mantenimiento. Con la ayuda de los supervisores de los talleres, los gerentes supervisan y gestionan la revisión, la reparación y el mantenimiento de los componentes y el equipo retirado de la aeronave para su mantenimiento. Este mantenimiento puede ser desde una simple limpieza y ajuste hasta una revisión completa.*

*El mantenimiento en el taller se realiza normalmente fuera de servicio: el personal de mantenimiento de línea o del hangar retira el equipo de la aeronave y lo sustituye por una unidad utilizable. La unidad retirada, debidamente etiquetada en cuanto a su estado de mantenimiento, se envía a los almacenes y al material, donde se desecha según los procedimientos de mantenimiento estándar o se envía al taller apropiado para su reparación. Esto incluiría el taller de la aerolínea o un contratista de reparación de componentes aprobado. Las unidades en garantía se enviarán al fabricante o al centro de reparación en garantía designado por el material. Una vez finalizada la reparación, la unidad se devuelve a material con una etiqueta de servicio y luego se devuelve a los almacenes para su uso futuro según sea necesario. En ciertas ocasiones, determinadas por la aerolínea y las circunstancias, el personal de mantenimiento de línea o del hangar puede retirar una unidad de la aeronave, enviarla al taller apropiado para su reparación y devolverla a la aeronave para su reinstalación.*

## TIPOS DE TALLERES

*Hay dos tipos de actividades de mantenimiento en el taller de una organización de mantenimiento de aerolíneas. Un tipo es la función de taller que está relacionada con el mantenimiento en hangar de las aeronaves en fuerte revisión. Estos talleres de apoyo incluyen habilidades y actividades especiales como el trabajo con chapa, material compuesto e interiores de aeronaves. El trabajo que realizan es principalmente de apoyo a las aeronaves fuera de servicio, aunque se da algún apoyo al mantenimiento de línea según sea necesario.*

*Los otros tipos de talleres de apoyo al mantenimiento y revisión implican el apoyo a los equipos especializados de las aeronaves, como los motores, la aviónica y los sistemas hidráulicos y neumáticos. El trabajo que se realiza en estos talleres es en equipos que han sido retirados de la aeronave durante las operaciones de mantenimiento de línea o de hangar.*

## TALLER DE CHAPA

*Este taller normalmente se encarga de todo tipo de trabajos de chapa metálica, que pueden incluir el trabajo con aluminio, acero, materiales compuestos, nido de abeja y otros materiales según sea necesario. El taller de chapa metálica repara cualquier tipo de daño en la piel, las estructuras, el fuselaje y las alas del avión.*

*Mientras una aeronave está en revisión "C" o "D", el taller de chapa normalmente trabaja en modificaciones, problemas de corrosión y elementos de mantenimiento previamente aplazados que requieren trabajos de chapa o de tipo compuesto, como daños menores, arañazos y reparaciones utilizando el manual de reparación de estructuras (SRM). El PP&C normalmente asigna todo el trabajo antes de que la aeronave llegue para su revisión "C", y bajo el PP&C, el taller de chapa metálica realiza ADs, SBs y EOs, así como aborda las discrepancias encontradas durante el trabajo rutinario, no rutinario y programado. Este taller también apoya cualquier mantenimiento no programado necesario para el funcionamiento de la línea.*

*Durante el tiempo de inactividad, el taller de chapa metálica trabaja en la fabricación de las complejas plantillas que se necesitarán posteriormente para las reparaciones y revisiones. También reparan los paneles compuestos que se han retirado de aviones anteriores para su reparación debido a grietas o daños menores y que estarán listos para ser colocados en el siguiente avión si es necesario.*

#### TALLER DE INTERIORES DE AERONAVES

*El taller de interiores de aeronaves repara, fabrica y revisa todo lo que está dentro de la aeronave. Esto incluye el desmontaje y la revisión de los asientos de los pasajeros y de la tripulación de vuelo; el desmontaje y la revisión de las áreas de la cocina y la galería del avión, y de los carros para servir bebidas; y la revisión de todos los aseos de la aeronave. Instalan nuevos revestimientos de paredes, parachoques, paneles laterales y paneles superiores.*

*El taller de interiores retira y sustituye las ventanas de la cabina por arañazos y abolladuras, así como el parabrisas de la cabina y las ventanas laterales. Se requiere una atención especial al retirar e instalar las ventanas de la cabina debido a los requisitos de par de apriete de las tuercas y tornillos y de los selladores. Después de la instalación de las ventanas, el avión debe ser presurizado para asegurarse de que no hay fugas de presión. El taller de interiores también pinta los aviones por dentro y por fuera. La pintura interior se aplica a los paneles superiores y a los compartimentos superiores. Pintar el exterior del avión es una tarea muy grande y difícil, y no hay margen de error.*

#### TALLER DE MOTORES

*El taller de motores es el más grande en cuanto a necesidades de espacio. Además de la zona del taller para trabajar con repuestos pequeñas (trabajo de banco), el taller de motores también necesita una zona para las actividades de construcción de motores (EBU). Aquí es donde ciertos componentes, como la bomba de combustible, los conductos de combustible, los generadores, los encendedores de encendido, los soportes del motor y otros componentes, se añaden a un motor básico para configurarlo para un modelo de avión determinado para una posición específica en el avión (es decir, derecha, izquierda, centro o posición del ala 1, 2, 3 o 4). Este esfuerzo requiere un soporte de trabajo de motor adecuado para sostener el motor mientras se realiza el proceso de EBU. La actividad de la EBU se realiza fuera de la aeronave, lo que minimiza el tiempo necesario para el cambio de motor, y da lugar a un menor tiempo de inactividad de la aeronave. Esto se conoce como proceso de cambio rápido de motor (QEC).*

*El taller de motores también realiza trabajos e inspecciones en los accesorios de las turbinas y en cualquier unidad de potencia auxiliar (APU). Las APU son pequeños motores situados normalmente en la cola de los aviones, que proporcionan energía mientras el avión está estacionado.*

*También es función del taller de motores retirar los conductos de aceite y combustible y los sensores del generador, y realizar la inspección del boroscopio de los motores retirados de la aeronave antes de enviarlos a revisión. El taller de motores normalmente sigue la lista de comprobación del inventario de repuestos de desmontaje e instalación del motor, que muestra una lista detallada de los números de pieza y de serie de los repuestos de encendido y apagado y la información de las etiquetas de servicio. Esto incluye el número de registro "N" de la aeronave para fines de seguimiento debido a la vida útil de la(s) pieza(s) instalada(s).*

*El taller de motores también requiere una zona de rodaje de motores situada lejos de la instalación principal (por razones de ruido) para permitir las pruebas en tierra de los motores montados en la aeronave antes o después del mantenimiento. Una gran estructura de barrera acústica (deflector) forma parte de esta zona de rodaje de motores. En el caso de las aerolíneas con una flota mixta, puede haber talleres de motores separados dentro de la instalación de motores para diferentes modelos; sin embargo, algunas instalaciones pueden estar combinadas.*

No todas las aerolíneas tienen talleres de motores como los mencionados anteriormente; dependiendo de las aerolíneas y de sus acuerdos menores con el propietario de la aeronave o con los fabricantes de motores de la aeronave, la aerolínea puede retirar e instalar motores pre-QEC. El motor desmontado de la aeronave se devuelve a una empresa de alquiler de aviones o al fabricante de motores para su revisión.

#### TALLER DE AVIÓNICA

La aviática se refiere a una amplia gama de sistemas utilizados en la aviación que incluyen sistemas eléctricos y electrónicos. Los talleres de aviática pueden adoptar diversas configuraciones en función de muchos factores. Puede haber un taller eléctrico separado que se ocupe únicamente de los componentes del sistema eléctrico, como motores, generadores, sistemas de distribución de energía o buses de potencia. Los sistemas electrónicos, que incluyen las radios, el sistema de navegación, los ordenadores, el teléfono interior (sistema de anuncios por megafonía), los medios de comunicación, los instrumentos de la cabina de vuelo y las unidades de control de todo tipo, serán tratados por varios talleres especializados en una gran compañía aérea. Los talleres de reparación de aviática tendrán maquetas similares de los sistemas de la aeronave, y después de una reparación, una pieza puede ser probada antes de ser instalada en la aeronave. El personal de aviática también repara los arneses de los motores, lo que puede ser muy tedioso debido al número de cables situados en un haz.

Si hay nuevas modificaciones, nuevos sistemas de aviática que instalar o una necesidad de pasar cables dentro de las estructuras de la aeronave, las revisiones "C" y "D" son el mejor momento para hacerlo, ya que todos los paneles laterales de la aeronave, los paneles del techo, los bastidores de los ordenadores de la cabina de vuelo y los paneles de instrumentos se retiran para su inspección y reparación. Los técnicos de aviática deben ser sofisticados solucionadores de problemas debido a la complejidad de los equipos que utilizan para diagnosticar errores de navegación y de comunicaciones por radio, y su trabajo consiste en encontrar el problema que está causando el mal funcionamiento de un sistema.

Los instrumentos, tanto los electromecánicos convencionales como los electrónicos o los de cristal de la cabina, serán manejados por los técnicos debidamente capacitados, ya sea en un solo taller de instrumentos o en talleres separados para cada uno de los dos tipos mencionados. Los instrumentos convencionales serían los indicadores de posición de los flaps, los indicadores de actitud de la aeronave, las brújulas magnéticas y cualquier otro instrumento de tipo galvanométrico. Los instrumentos de cristal de la cabina, más correctamente denominados pantallas, incluyen versiones CRT de los instrumentos anteriores. En los aviones modernos, las mismas unidades de visualización pueden utilizarse a veces para un indicador de actitud (ADI), así como el indicador de situación horizontal (HSI), que muestra un mapa del plan de vuelo con puntos de ruta y otra información. Otras pantallas pueden utilizar paneles de cristal líquido (LCD). Sin embargo, estas pantallas electrónicas son más el dominio de la tienda de electrónica que de la tienda de instrumentos.

#### TALLER DE EQUIPOS DE APOYO EN TIERRA (GSE)

El taller de equipos de apoyo en tierra es uno de los talleres más concurridos porque las aeronaves comerciales modernas requieren una cantidad considerable de herramientas y equipos para apoyar las actividades de las operaciones de mantenimiento.

El trabajo del taller de apoyo, en apoyo de todas las aeronaves, puede realizarse dentro o fuera de la aeronave; pero como suele ser de naturaleza extensa, normalmente se realiza mientras la aeronave está fuera de servicio. Por lo tanto, los talleres de apoyo normalmente forman parte de la función de mantenimiento del hangar.

Los talleres de apoyo del hangar se componen de varias especialidades. Realizan trabajos de reacondicionamiento o reparación de paneles, superficies y carenados de chapa y materiales compuestos de la aeronave. También habrá un taller de tejidos de telas e interiores para la reparación y el reacondicionamiento de los interiores de las aeronaves. Los asientos de las aeronaves, tanto de los pasajeros como de la tripulación, serán retirados, instalados y reparados por un taller de asientos que puede formar parte del taller de interiores o estar separado de él. Otros talleres asociados a la actividad del hangar serían los que realizan trabajos de soldadura (gas, eléctrica y soldadura TGI).

El trabajo realizado por estos talleres no forma parte directamente del programa de mantenimiento programado y no se especifica en el documento MRB o en el Ops Specs de la aerolínea como mantenimiento rutinario o no rutinario, pero se requerirá trabajo en los diversos componentes mencionados anteriormente de vez en cuando, ya sea por tarjeta de trabajo no rutinario o por SB, AD o EO. El trabajo adicional para estos talleres puede provenir de los requisitos de GSE y de las instalaciones siempre que se necesiten tales habilidades especiales para reparar estas unidades. Las aerolíneas también pueden realizar trabajos en estos talleres de apoyo para otras aerolíneas u operadores de bases fijas.

## EQUIPO DE APOYO EN TIERRA

Los aviones comerciales modernos requieren una cantidad considerable de herramientas y equipos para apoyar las actividades de mantenimiento y operaciones. Además de las herramientas y los equipos de prueba utilizados por los mecánicos y los técnicos para el mantenimiento normal, hay una amplia gama de equipos que se incluyen en el apartado especial de equipos de apoyo en tierra. También hay herramientas y plantillas especiales para las actividades de mantenimiento que están diseñadas para un solo tipo de avión; otras herramientas y plantillas especiales pueden utilizarse en varios tipos de aviones.

El equipo de apoyo en tierra se define como "el equipo necesario para apoyar la operación y el mantenimiento de la aeronave y de todo su equipo aéreo".<sup>1</sup> Este GSE incluye una amplia variedad de equipos que van desde simples gatos y soportes hasta vehículos de remolque sin barra de remolque de un millón de dólares. En aras del debate, podemos dividir el GSE en dos grandes categorías: (a) equipos para apoyar el servicio y la manipulación de las aeronaves operativas mientras se realizan actividades de giro en vuelo y movimiento en tierra; y (b) equipos utilizados para facilitar el mantenimiento ya sea en el giro o durante el tiempo de inactividad programado o no programado.

La primera categoría, los equipos de servicio y manipulación, puede dividirse en equipos de mantenimiento que son propiedad de la autoridad aeroportuaria o del operador de la terminal y que son propiedad de la propia compañía aérea. La segunda categoría, los equipos de mantenimiento, incluye los equipos que pueden utilizarse en la línea de vuelo, en el hangar o ser compartidos por ambas actividades. Este desglose se muestra en la Fig. 14-1. La Tabla 14-1 es una lista de los equipos típicos de apoyo en tierra utilizados para la manipulación, el servicio y el mantenimiento de las aeronaves. La tabla identifica la propiedad y el uso típico del GSE.

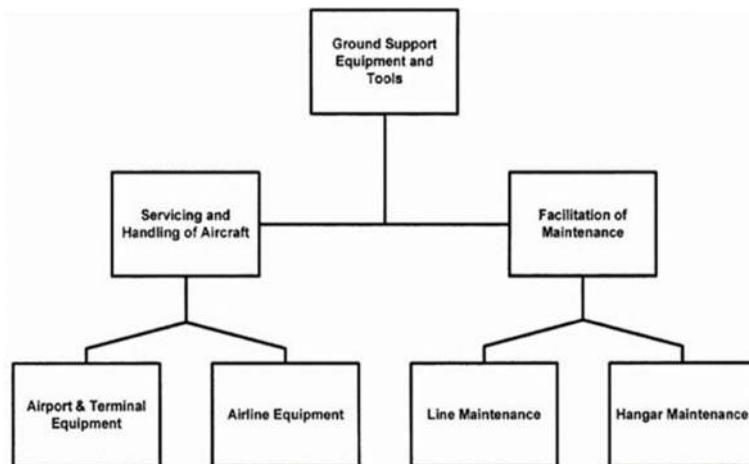


Figura 14-1 Categorías de equipos de apoyo en tierra.

TABLA 14-1 Lista de elementos del equipo de apoyo en tierra (GSE)

Name of GSE item	Aeropuerto comp anies	(L, H. B)*	Manipula ción y servicio	lilainte11a nee
Unidades de arranque neumático	X	L	X	
Cunas APU	X	B		X
Gatos para ejes	X	B		X
Carros porta equipajes	X	L	X	
Cargadores de equipaje (en NC)		X	L	X
Equipos de carga de baterías	X	B		X
Sillas de ruedas de embarque	X	L	X	
Manipulación de contenedores/palets		X	L	X
Tractores de ciugo	X	L	X	
Equipo de comunicaciones	X	B	X	X
Equipo de deshielo (motorizado y estacionario)	X	B	X	X
Unidades de potencia terrestre con motor Diesel	X	B		X
Gatos fijos	X	B		X
Carros de llenado de aceite hidráulico y acoplamientos	X	B	X	

<i>Carros de pruebas hidráulicas</i>	<i>X</i>	<i>B</i>	<i>X</i>
<i>Componentes de servicio de los lavabos</i>	<i>X</i>	<i>B</i>	<i>X</i>
<i>Equipos de elevación: grúas y plataformas</i>	<i>X</i>	<i>L</i>	<i>X</i>
<i>Equipo de mantenimiento de nitrógeno</i>	<i>X</i>	<i>L</i>	<i>X</i>
<i>Equipo de servicio de oxígeno</i>	<i>X</i>	<i>B</i>	<i>X</i>
<i>Puentes de carga de pasajeros</i>	<i>X</i>	<i>L</i>	<i>X</i>
<i>Escaleras de carga de pasajeros (con y sin motor)</i>	<i>X</i>	<i>L</i>	<i>X</i>
<i>Unidades de arranque neumático, acoplamientos y accesorios</i>	<i>X</i>	<i>I,</i>	<i>X</i>
<i>Componentes de servicio de agua potable</i>	<i>X</i>	<i>B</i>	<i>X</i>
<i>Fuentes de alimentación: 28 VDC y 400 Hertz</i>	<i>X</i>	<i>X</i>	<i>X</i>
<i>Gatos de recuperación</i>	<i>X</i>	<i>L,</i>	<i>X</i>
<i>Camiones de reabastecimiento</i>	<i>X</i>	<i>X</i>	<i>X</i>
<i>Equipo de limpieza de nieve (rampa y pista)</i>	<i>X</i>	<i>B</i>	<i>X</i>
<i>Equipos de mantenimiento especializados</i>	<i>X</i>	<i>L</i>	<i>X</i>
<i>Sopores y andamios (muchas variantes)</i>	<i>X</i>	<i>B</i>	<i>X</i>

*L: línea; H: hangar; B: tanto línea como hangar.*

Para maximizar la fiabilidad y la rentabilidad en servicio, los operadores deben adquirir el GSE y el utilaje adecuado para sus aviones cuando se incorpora un nuevo modelo a la flota. A veces, los remolcadores, las barras de remolque y otras herramientas y accesorios especiales se acoplan a modelos específicos de aeronaves. Otros GSE y utilajes pueden utilizarse en más de un tipo de aeronave. La organización de GSE e instalaciones debe trabajar con ingeniería desde el principio, siempre que se considere la compra o el alquiler de una nueva aeronave, para determinar qué equipos y herramientas existentes (si los hay) pueden utilizarse con el nuevo modelo y para determinar qué equipos y herramientas adicionales deben pedirse específicamente para el nuevo modelo. Esta actividad debe realizarse al menos entre 9 y 12 meses antes de la entrega de la primera aeronave, para que estas herramientas y equipos estén disponibles cuando llegue la aeronave.

La selección del GSE y del utilaje está relacionada con una serie de variables (a) el tipo y el nivel de mantenimiento que vaya a realizar la aerolínea; (b) el número de estaciones de línea a las que se va a prestar apoyo (pueden ser necesarias varias unidades) (c) el número de operaciones de rampa que hay que acomodar (requisitos de uso individual o simultáneo); (d) el alcance del trabajo de revisión que debe realizar el operador; y (e) la coordinación con otras unidades para el equipo prestado o el trabajo contratado que debe realizarse (por o para su aerolínea).

Debido a la complejidad y variedad de estos equipos, suelen ser gestionados por una actividad de mantenimiento independiente dentro de la aerolínea. En el caso de las aerolíneas pequeñas y medianas, el GSE es manejado por un grupo adscrito a la organización de mantenimiento del hangar y a menudo se encuentra en el mismo hangar que otros talleres de revisión y apoyo. En las aerolíneas más grandes, el GSE puede tener un gestor o director independiente bajo la dirección de M&E y puede estar alojado en su propio hangar. Sea cual sea su organización, su trabajo es apoyar el mantenimiento tanto en la línea de vuelo como en el hangar.

Debido al tamaño y la cantidad del equipo de apoyo en tierra, a menudo se almacena fuera del hangar en una zona designada en la rampa cerca de las instalaciones del operador. Algunos equipos más pequeños se almacenan en el hangar. Las herramientas y accesorios especiales pueden almacenarse en el cobertizo de herramientas del hangar.

El grupo de GSE e instalaciones en nuestra típica aerolínea de tamaño medio también es responsable del mantenimiento general y la conservación de todos los GSE, así como del mantenimiento general y la conservación de todos los edificios e instalaciones utilizados por la organización de M&E.

## TALLERES MECÁNICOS

El taller de componentes mecánicos también puede separarse o combinarse en función del tamaño y las necesidades de la aerolínea. Estos talleres incluirían sistemas y componentes hidráulicos, sistemas y componentes neumáticos (calor,

aire), sistemas de oxígeno y superficies de control de vuelo. El taller de baterías también forma parte del taller mecánico, donde el personal de mantenimiento repara, almacena y carga las baterías de los aviones. El taller de ruedas, neumáticos y frenos es responsable de varias acciones relacionadas con la aeronave:

(a) la reparación, el montaje y el desmontaje de las ruedas de las aeronaves; (b) la reparación, el mantenimiento y el recauchutado de los neumáticos de las aeronaves; y (c) el ajuste y la colocación de los frenos de las aeronaves. Una vez más, estas actividades pueden realizarse en uno o varios talleres en función de la cantidad de trabajo y la complejidad de la flota.

#### SUBCONTRATACIÓN DE LOS TRABAJOS DE MANTENIMIENTO EN EL TALLER

Al igual que con el mantenimiento de línea y de hangar, una parte o la totalidad del mantenimiento de taller de una aerolínea determinada puede subcontratarse a otras aerolíneas o a organizaciones de mantenimiento de terceros. En el caso de la subcontratación parcial, el director de los talleres de revisión es responsable de coordinar estas actividades en el plan general de mantenimiento de la aerolínea. Si todo el mantenimiento de los talleres es realizado por contratistas externos, la dirección de los talleres de revisión no existiría en la aerolínea. Sin embargo, para garantizar que el trabajo se realiza dentro del calendario y el plan de mantenimiento de la aerolínea, alguien de la dirección de mantenimiento de aeronaves de la organización de M&E debe ser designado como coordinador de mantenimiento de los talleres de revisión. La garantía de calidad identifica los estándares a los que se someterán estos contratistas externos contratistas externos (véase el capítulo 16).

#### FUNCIONAMIENTO DE LOS TALLERES DE REVISIÓN

El trabajo en una línea de vuelo es a veces agitado y está sujeto a los horarios de vuelo, las emergencias de mantenimiento, el mal tiempo y las siempre irritantes "limitaciones de tiempo".

El trabajo en el hangar puede ser menos agitado, con más tiempo para realizar cada trabajo, pero sigue habiendo una limitación de tiempo y otras presiones. Sin embargo, en el mantenimiento del taller, las presiones de tiempo y horario se reducen un poco por la naturaleza de la operación del taller.

Los elementos que llegan para ser revisados, reparados o puestos a punto son atendidos, normalmente por especialistas en el tipo de equipo o sistema en cuestión. Ya se ha realizado una parte de la resolución de problemas básicos para indicar que tal o cual unidad está mal y debe ser sustituida. Hecho esto, el mecánico convierte el elemento erróneo en material y dibuja uno bueno para su instalación. Material, entonces, envía la unidad entrante debidamente etiquetada al taller correspondiente. El mecánico o técnico del taller utiliza entonces sus procedimientos estándar de comprobación en banco para determinar el problema, realizar las reparaciones necesarias y llevar a cabo alguna comprobación para asegurarse de que el trabajo se ha completado con éxito. Una vez que se ha completado el mantenimiento y se ha rellenado y adjuntado el papeleo adecuado, la unidad reparable se devuelve a material para su colocación en los almacenes para su reemisión cuando sea necesario.

Cada taller de mantenimiento tendrá un área de trabajo y un área de almacenamiento con una adecuada separación de las unidades reparables, inservibles y descartadas. Normalmente habrá un área de repuestos, mantenida por material, para los repuestos pequeños necesarios para el trabajo. De nuevo, la proximidad de estas áreas al área de trabajo minimiza el tiempo que el mecánico pasa "persiguiendo repuestos". Por supuesto, cada taller estará equipado con las herramientas, bancos de trabajo, bancos de prueba y equipos de prueba necesarios para el tipo de equipo en el que se va a trabajar. El equipo de seguridad adecuado para el trabajo que se realiza y los materiales peligrosos que se manejan (si los hay) deben estar fácilmente disponibles y accesibles para los empleados. Se proporcionará un espacio de oficina adecuado para las funciones administrativas y de gestión.

Los talleres de revisión generalmente trabajan en un turno estándar, con o sin horas extras; el trabajo en turno de noche y en fin de semana depende de la aerolínea y de su carga de trabajo. El ritmo puede ser más lento que en la línea o en el hangar, pero la rapidez del mantenimiento o el tiempo medio de reparación (MTTR) siguen siendo importantes. El número de artículos almacenados (véase el capítulo 15) se basa no sólo en la tasa de fallos de la flota, sino también en el tiempo que se tarda en pasar el artículo reparable por mantenimiento. La secuencia es la siguiente (a) retirar la unidad de la aeronave; (b) enviar la unidad a material para su sustitución; (c) enviar la unidad al centro de reparación (propio o de terceros); (d) devolver la unidad reparable a los almacenes para su reexpedición.

#### RECOJO DE DATOS EN EL TALLER

El programa de confiabilidad de mantenimiento de la aerolínea, discutido en detalle en el Cap. 18, involucra muchas tareas de recolección de datos a lo largo de la actividad de M&E. Una fuente muy importante de estos datos son los

talleres de revisión. Mientras que los informes de la línea de vuelo y del hangar proporcionan información sobre los sistemas y componentes, los datos de los talleres proporcionan información útil sobre los componentes internos de los equipos y subsistemas que contribuyen a las averías y a las anotaciones de las aeronaves. Estos esfuerzos de recopilación de datos del taller se presentan a través de informes de desmontaje del taller que identifican las acciones de servicio, reparación y revisión realizadas, así como los repuestos y los suministros utilizados en ese trabajo de mantenimiento. A continuación, se realiza un seguimiento de estos componentes en función de su fiabilidad para determinar si existe una tasa de fallos innecesariamente alta que deba preocupar a la compañía aérea o al fabricante del equipo.

## CAPÍTULO 15

### APOYO MATERIAL

#### ORGANIZACIÓN Y FUNCIÓN DE MATERIAL

Material es una de las unidades clave dentro de la organización de mantenimiento e ingeniería de una aerolínea. Es la que más dinero gasta y, por lo tanto, está bajo el escrutinio de la alta dirección de la aerolínea, así como de la dirección de M&E. La preocupación de alto nivel por los costes de explotación es el origen de una controversia bastante importante en el área de M&E. Esta controversia es "¿quién debe tener el control del material: el mantenimiento o las finanzas?".

Nuestra recomendación, que ha demostrado tener bastante éxito en muchas aerolíneas de todo el mundo, tanto grandes como pequeñas, es que el material debe formar parte de la organización de M&E. Si las finanzas, la contabilidad o cualquier otra unidad ajena al mantenimiento tienen el control, existe el temor de que la falta (o al menos un menor) conocimiento del mantenimiento y de su idiosincrasia pueda dar lugar a decisiones erróneas -como cuánto gastar; qué repuestos comprar y cuánto almacenar; determinar qué constituye una pieza sustitutiva adecuada, etc.- que afecten a la calidad del mantenimiento.

El otro lado del argumento es que el mantenimiento no tendría un conocimiento completo de los presupuestos y los costes y gastaría demasiado dinero en repuestos o tendría demasiados activos inmovilizados en los niveles de stock de "días lluviosos". Desgraciadamente, ambas situaciones son posibles y existen en las aerolíneas actuales, tanto extranjeras como nacionales. Y la discusión sigue sin resolverse. Sin embargo, lo que hay que destacar aquí es que ambos extremos deben evitarse.

Los profesionales de las artes escénicas (sinfonías, compañías de ballet, grupos de actores, etc.) tienen un adagio que dan como pauta a sus juntas directivas: "Las decisiones artísticas no deben ser tomadas por personas no artísticas". En otras palabras, el trabajo de la junta directiva es ocuparse de la parte comercial, no de la parte artística, de la actividad. En el caso de la aviación, sólo hay que modificarlo ligeramente: "Las decisiones técnicas no deben ser tomadas por personas no técnicas". Esta es la filosofía que subyace a la necesidad de contar con directivos con formación técnica en el campo de la M&E, de la que hablamos en el capítulo 7. Los mecánicos, ingenieros y directivos técnicos de M&E son conscientes de los requisitos cambiantes de los equipos que envejecen y de la necesidad creciente de repuestos de repuesto con la edad. Estos expertos en trabajo también son conscientes, por experiencia, de lo que constituye un sustituto razonable para una pieza determinada y lo que no, aunque las especificaciones de ambas unidades estén dentro de los límites. Las experiencias pasadas de estas personas son más propicias para abordar los objetivos de M&E que la experiencia de las personas de finanzas y administración.

Nuestra recomendación, por lo tanto, es que el esfuerzo de apoyo al material sea una parte integral de la organización de mantenimiento e ingeniería con la supervisión de contabilidad y finanzas para los gastos. Dicho esto, pasamos a las funciones del material. Brevemente, éstas son (a) proporcionar repuestos y suministros para todos los aspectos de la operación de mantenimiento e ingeniería; (b) mantener suministros adecuados de estos artículos a mano y en lugares convenientes para un acceso rápido por parte del mantenimiento; y (c) proporcionar un apoyo adecuado a la organización de mantenimiento dentro de las limitaciones presupuestarias razonables.

### GESTIÓN DEL MATERIAL

La función principal de la gestión de material, inventarios, almacenes y logística es comprender la logística y el alcance de la gestión de inventarios de la aviación. Estas responsabilidades incluyen la preocupación por la reposición de los repuestos almacenados, el coste del inventario, la previsión del inventario nuevo y el disponible en la empresa, el espacio realista y físico del inventario, la reposición de mínimos y máximos, los repuestos de reparación, las devoluciones y los repuestos defectuosos, los repuestos falsos, el conocimiento de la red de suministro y sus demandas, y el proceso

continuo de utilización de los repuestos de la aeronave. El material y otros artículos que se necesitan a diario requieren una sofisticada operación de apoyo al mantenimiento.

La dirección de los almacenes está en contacto permanente con el fabricante de la aeronave, los proveedores de repuestos, los proveedores de repuestos de aeronaves y los proveedores de hardware y software. Determinan el inventario necesario basándose en el tamaño de la flota, la utilización de los repuestos, la fiabilidad de las mismas y la capacidad de reparación y el tiempo de respuesta del proveedor. Los gestores establecen objetivos y metas que normalmente son alcanzables para equilibrar la necesidad de disponibilidad de los productos. Los puestos de gestión de material pueden variar en función de las operaciones de la aerolínea. Describiremos brevemente las áreas de control de inventarios, almacenes, compras y envío y recepción.

#### CONTROL DE INVENTARIO

El control de inventarios se refiere a un esfuerzo continuo para supervisar el suministro, el almacenamiento y la accesibilidad de los repuestos de las aeronaves. Es responsabilidad del control de inventarios garantizar que todas las repuestos y suministros necesarios estén a mano y disponibles en lugares seleccionados de todo el M&E. Su objetivo es apoyar todas las actividades de mantenimiento teniendo un suministro adecuado de repuestos y almacenamiento de repuestos, no estar sobre o sub abastecido, y evitar cualquier aeronave en tierra (AOG). El control de inventarios también supervisa el material en bruto, vigila las órdenes de reparación de componentes en curso, mantiene un recuento preciso de las existencias *in situ* y garantiza la disponibilidad de repuestos aptas para el vuelo. El seguimiento del sistema de inventario ayuda a mantener los costes bajos, lo que significa que cuando el suministro de una pieza llega a su objetivo mínimo, se pide la pieza antes de que baje a un nivel crítico si el AOG va a costar más que el precio normal de la pieza.

La gestión logística y el control de inventarios de la aerolínea se esfuerzan por mantener un buen equilibrio, ya que los repuestos de los aviones son caros. Mediante la ejecución de una estrategia de un sistema de software integrado totalmente automatizado para tener disponibilidad de inventario en tiempo real, y con un control y una gestión de inventario ajustados, una aerolínea puede alcanzar su objetivo de ahorrar dinero renegociando los contratos con los vendedores, proveedores y AOG al tener un mínimo de stock, el menor tiempo de respuesta para los componentes reparados, un sistema de almacenamiento de proveedores, soluciones de compra, una nueva generación de procesos de reordenamiento y suministro de inventario, y tasas de AOG mínimas o nulas.

#### ALMACENES

El almacén es responsable de la entrega de repuestos a los mecánicos y de su intercambio con ellos. También es responsable de entregar los repuestos a los centros de trabajo según sea necesario y de garantizar que los repuestos y los suministros que requieren un almacenamiento y una manipulación especiales se gestionen adecuadamente. El almacén también envía las unidades reparables al taller de mantenimiento correspondiente.

#### COMPRAS

Compras es responsable de la adquisición de todas las repuestos y suministros utilizados por M&E. Trata principalmente con los proveedores y fabricantes, atendiendo a aspectos como las especificaciones, los costes, la entrega, etc. Esencialmente, compras tiene el control presupuestario principal en materia de material y trabaja estrechamente con finanzas en materia de gastos y presupuesto.

El departamento de compras y el de control de inventarios trabajan juntos para evitar situaciones de AOG, ya que la(s) pieza(s) comprada(s) en la situación de AOG será(n) costosa(s). Los departamentos de compras y almacenes trabajan juntos en las compras de repuestos de aeronaves, la garantía y las modificaciones (que se tratan más adelante en este capítulo) debido a los costes y los presupuestos.

#### ENVÍO Y RECEPCIÓN

El área de envío y recepción es uno de los lugares más ocupados en los almacenes y la logística de la aviación; no sólo los almacenes reciben repuestos para sí mismos y para el mantenimiento, sino que también reciben entregas de mensajería para toda la operación de la aerolínea ubicada en un centro principal. El área de envío y recepción normalmente se encarga de todo el embalaje y desembalaje de los repuestos y suministros que entran y salen de la aerolínea. También tienen la capacidad de gestionar cualquier inspección que pueda ser necesaria en relación con el envío o la recepción de mercancías.

El envío y la recepción requieren personal y gestión cualificados, ya que también envían y reciben mercancías peligrosas. Es su responsabilidad asegurarse de que el contenedor en el que se enviarán las mercancías peligrosas es suficiente y de que el papeleo se rellena correctamente de acuerdo con la política de mercancías peligrosas de la empresa. Deben

conocer el proceso de segregación de artículos como los inflamables, los corrosivos y los sensibles a la temperatura, tal y como exige la hoja de datos de seguridad del material (MSDS) del fabricante.

La organización del material varía en función de la estructura de la aerolínea, su tamaño y la disponibilidad de personal cualificado. Algunas actividades pueden combinarse por conveniencia del departamento. En las siguientes secciones, discutiremos varias funciones de la organización de material.

#### FUNCIONES DE APOYO DE MATERIAL

Estas funciones de apoyo pueden enunciarse brevemente como (a) ordenar; (b) almacenar; (c) expedición; (d) control; y (e) manipulación de repuestos y suministros. Las cuatro primeras se refieren principalmente a los repuestos y los suministros, mientras que la última (manipulación) implica el movimiento de los repuestos entre las distintas instalaciones afectadas. Abordaremos estos puntos por separado.

#### PEDIDO DE REPUESTOS

El pedido de repuestos incluye el aprovisionamiento inicial cuando los nuevos equipos y sistemas pasan a formar parte de la flota. También incluye el reaprovisionamiento cuando los suministros disponibles caen por debajo de un determinado nivel (más adelante se habla de ello). El aprovisionamiento inicial se establece al principio mediante una lista de repuestos de repuesto recomendadas preparada por el fabricante de la célula. Esta lista se basa en las recomendaciones del fabricante y en la experiencia de toda la flota de las compañías aéreas que ya utilizan el equipo en operaciones similares.

Basándose en el aprovisionamiento inicial y en la experiencia continua de la compañía aérea después de entrar en servicio con el modelo, será inevitable que se produzcan cambios en los niveles de existencias y en las cantidades mantenidas. Los componentes disponibles y la cantidad necesaria para la operación diaria vienen determinados por una serie de variables, que diferirán de una operación a otra. El programa de vuelo -número de horas y ciclos de vuelo, duración de las etapas, entorno de vuelo-, así como el número de aeronaves de la flota, afectan a la tasa de utilización de los componentes y, por tanto, al número de repuestos necesarias en stock para apoyar el mantenimiento y las operaciones. La ubicación del lugar donde se realiza el mantenimiento también puede afectar a los niveles de existencias, ya que pueden necesitarse repuestos y suministros adicionales en varias estaciones de línea para facilitar el mantenimiento.

Además, la calidad del mantenimiento -las capacidades y habilidades del personal de mantenimiento- también puede afectar a la necesidad de repuestos de repuesto y conjuntos. Es necesario un examen continuo de la utilización de las existencias por parte de la sección de material para optimizar los niveles de existencias disponibles. Esta tasa de uso, por supuesto, afecta a la frecuencia con la que se compran los repuestos; es decir, el punto de reorden. Para ello, es necesario establecer la tasa de utilización y los datos del punto de reorden para todas las repuestos y suministros utilizados. En el caso de los artículos reparables, el tiempo de espera para la acción de reparación (es decir, el tiempo necesario para enviar el artículo al taller de mantenimiento, repararlo y devolverlo a los almacenes para su reexpedición) podría afectar tanto a los niveles de existencias necesarios como al punto de pedido, ya que las existencias disponibles estarían sujetas a ser utilizadas en otras acciones de mantenimiento de la aeronave durante este ciclo de reparación.

Por último, el efecto de los descuentos por cantidad de ciertos proveedores en artículos específicos puede determinar un punto de reorden más económico para esos artículos. Sin embargo, esto debe conciliarse con los costes de almacenamiento del material adicional adquirido.

#### ALMACENAMIENTO DE PIEZAS

El almacenamiento de repuestos es la siguiente función de material que hay que considerar. Aquí hay dos conceptos: (a) colocar cada pieza en un lugar en el que pueda localizarse y expedirse fácilmente cuando se necesite; y (b) almacenar determinadas repuestos en condiciones específicas. Esta última categoría incluye el almacenamiento adecuado de combustibles, lubricantes, pinturas, aceites y otros artículos inflamables o perecederos. Las botellas de oxígeno y las herramientas utilizadas en los sistemas de oxígeno requieren una manipulación y un almacenamiento especiales. Todo este almacenamiento adecuado es una función del material.

La disposición básica o estándar de almacenamiento es la tradicional serie de estanterías o cubos de almacenamiento, marcados por un sistema de coordenadas para que cada pieza tenga una ubicación y cada ubicación se encuentre fácilmente. En la mayoría de los casos, se trata de una cuadrícula de localización "fila-estantería-cubo" elegida por el operario. Por ejemplo, la pieza número 1234-5678-C podría estar ubicada en D-2-14; es decir, fila D, estantería 2, contenedor número 14. En este caso, las filas de estantes llevan las siguientes letras "A, B, C...." Los estantes, numerados

de arriba a abajo, son "1, 2, 3..." Y, por último, cada contenedor (en cada estantería) se numera consecutivamente de izquierda a derecha: "1, 2, 3 ..." Se puede utilizar cualquier sistema similar.

Este sistema de localización podría estratificarse aún más por modelo de avión. Aunque muchos componentes, subconjuntos y unidades pueden utilizarse en varios modelos de avión, muchos son exclusivos de un modelo. La mayoría de las aerolíneas con flotas mixtas tienen contenedores de repuestos separados para cada modelo para permitir que la información de costes se mantenga separada por modelo. Cualquier necesidad de expedir una pieza de los almacenes de un modelo para utilizarla en otro modelo se gestionará mediante el proceso de papeleo por parte del personal de material. Esto incluiría registros informáticos para mostrar la disponibilidad y la ubicación de los repuestos.

Se necesitarían instalaciones de almacenamiento adicionales para operaciones específicas. Para facilitar el mantenimiento y minimizar el tiempo requerido por el mantenimiento para la búsqueda de repuestos, por ejemplo, los repuestos de repuesto podrían estar disponibles en las estaciones de línea para apoyar el mantenimiento limitado además del mantenimiento normal de los turnos.

Las instalaciones de almacenamiento y el depósito deben estar pensados y deben funcionar como es debido. Las instalaciones de los almacenes deben manejar repuestos caras y delicadas, y debe haber un almacenamiento adecuado debido a la naturaleza sensible de algunos repuestos, algunas de las cuales necesitan un entorno refrigerado o con aire acondicionado. El departamento de almacenes requiere mucho espacio y volumen debido a la cantidad de estanterías y contenedores necesarios para mantener los repuestos organizados y al alcance de la mano cuando las necesite AMT. Las áreas de las instalaciones de los almacenes están subdivididas en secciones para la comodidad del personal de los almacenes:

1. Área de cuarentena
2. Área de inflamables,
3. materiales peligrosos y de refrigeración
4. Área de repuestos servibles, no servibles y de etiqueta roja
5. Área de emisión y devolución de repuestos
6. Área de inspección de recepción de repuestos

## EXPEDICIÓN DE REPUESTOS

La entrega de repuestos a los mecánicos es otra de las principales funciones del material. Los artículos como tornillos, tuercas y otros repuestos comunes se almacenan mejor en contenedores abiertos y accesibles cerca del lugar de trabajo para que los mecánicos tengan fácil acceso. Para otros artículos, como las cajas negras, los conjuntos y otros artículos importantes, es mejor para todos los implicados tener "ventanillas de repuestos" u otras instalaciones donde el personal de material pueda entregar los repuestos a los mecánicos, según sea necesario, y ocuparse del manejo adecuado de las etiquetas de los repuestos y de otros trabajos importantes de papel e informática.

Algunas de estas repuestos, por supuesto, son reparables y el mecánico debe "dar una para recibir otra". De este intercambio se encarga el empleado de control de material, que también se asegura de que las etiquetas de mantenimiento de ambas unidades estén debidamente cumplimentadas (por el mecánico) y de que la unidad entregada se envíe al centro de reparación adecuado para su reparación. En el caso de los artículos que no son reparables, el personal de material se encarga de desechar la unidad.

Esta ventana de emisión de repuestos debe estar lo más cerca posible del centro de trabajo para minimizar el tiempo de persecución de repuestos para los mecánicos. En algunas aerolíneas, los repuestos necesarios pueden pedirse a través de un terminal informático en el lugar de trabajo y ser entregadas al mecánico por material (véase Control de repuestos más adelante en este capítulo). Independientemente del método de emisión que se utilice, es responsabilidad de material actualizar la información de la "cantidad disponible" del ordenador cada vez que se extraiga o cambie una pieza. En el caso de los repuestos reparables, material (a través del ordenador) también debe hacer un seguimiento de dónde se encuentra la pieza en todo momento (tienda, almacenes, en tránsito, en el avión).

Otro servicio útil que ofrece material es la creación de kits para determinadas acciones de mantenimiento. Para desmontar y sustituir algunos elementos, se necesitan ciertos herramientas además de la unidad primaria y sus accesorios.

Muy a menudo, los herramientas retirados, anillos "O", juntas y similares, no son reutilizables. Para ciertas acciones de SB o AD, se necesitan componentes adicionales (arneses, soportes, hardware) para completar. Es una ventaja para el mantenimiento cuando el material puede desarrollar kits de todos estos repuestos necesarios y emitirlas juntas como un

paquete. Estos kits pueden desarrollarse con la ayuda del personal de mantenimiento o de ingeniería. Muy a menudo, las modificaciones SB y AD están disponibles para la aerolínea en forma de kit suministrado por el fabricante de la célula o el proveedor de componentes.

Algunas aerolíneas ayudan a las actividades de mantenimiento de sus estaciones de línea manteniendo kits de vuelo (FAK) a bordo de la aeronave. Estos kits contienen artículos que probablemente se necesiten para el mantenimiento y las revisiones en las estaciones en las que el personal de mantenimiento está disponible pero no hay suministros. Pueden incluirse artículos como neumáticos, aceite de motor y otros componentes comunes.

El propósito del FAK es proporcionar estos artículos cuando se necesiten, pero el peso adicional a bordo de la aeronave puede ser un factor que limite la cantidad que se lleve. Las unidades que se llevan en el FAK deben basarse en la experiencia pasada del historial de la aeronave fuera de servicio y en algunas de las necesidades de repuestos de la lista de equipo mínimo (MEL) debidas al mantenimiento. La lista de contenido del FAK documenta los repuestos dentro del FAK y es supervisada por el departamento de mantenimiento de la aeronave. Además de supervisar el contenido del FAK, se debe sustituir el material para garantizar que siempre haya un kit completo a bordo de la aeronave. La supervisión del FAK debe formar parte del conjunto de hojas de ruta cuando se envía la aeronave para una revisión "A" y para cada revisión "A" posterior. Debe haber un registro asociado al FAK para identificar el contenido faltante o los pedidos pendientes y el uso de la pieza.

Algunas compañías aéreas utilizan los FAK y otras no. Es una cuestión de preferencia individual. Sin embargo, a menudo las aerolíneas que vuelan con ETOPS utilizarán los FAK para facilitar las actividades de mantenimiento y evitar que un vuelo ETOPS sea degradado a un tiempo de desvío menor (de 180 a 120 minutos) o a un vuelo no ETOPS. Estas reducciones suelen suponer una mayor duración de los vuelos y, en consecuencia, generan problemas de conexión para los pasajeros. El FAK adquiere gran importancia en estas situaciones.

#### CONTROL DE REPUESTOS

El control de repuestos abarca una serie de actividades. Ya hemos mencionado la identificación de los lugares de almacenamiento de todos los repuestos y la necesidad de seguir ciertos componentes, como los reparables, a lo largo de su procesamiento. También hemos mencionado la necesidad de que el material entregue repuestos y suministros a los centros de trabajo de mantenimiento para minimizar o eliminar el tiempo que el personal de mantenimiento dedica a la búsqueda de repuestos. El personal adicional de material para este propósito es una gran ayuda para el esfuerzo de mantenimiento.

También es necesario hacer un seguimiento de las horas de vuelo, los ciclos de vuelo, el tiempo de calendario y la ubicación de los repuestos que se designan como repuestos "limitadas en el tiempo". Se trata de repuestos con número de serie que requieren ser retiradas del servicio antes de que transcurra un intervalo determinado. Estos repuestos acumulan tiempo o ciclos sólo mientras están en servicio. Por lo tanto, debe conocerse la aeronave en la que están montadas, y su tiempo y/o ciclos deben contarse con la pieza. Si el componente se retira antes de que se alcance su límite de tiempo, puede repararse, restaurarse o revisarse completamente según sea necesario, con o sin reducción a cero del tiempo (los detalles sobre la reducción a cero de los elementos con límite de tiempo se tratan en el capítulo 17). Si el artículo se coloca en los almacenes para su reutilización en otra aeronave después de que se haya completado esta acción, su tiempo y el recuento de ciclos comenzarán de nuevo (en el nivel anterior o en cero) tan pronto como se reinstale en una aeronave. Material, a través del sistema informático, se encargará del seguimiento de los repuestos de tiempo limitado.

Este control de los repuestos que van hacia y desde las organizaciones de mantenimiento internas, los proveedores o los contratistas de reparación externos y los titulares de la garantía es la principal función de control de Material, pero existe un requisito de control adicional. En ocasiones, los repuestos se retiran de conjuntos más grandes (autorizados oficialmente o no) para facilitar los esfuerzos de mantenimiento en la línea o en el hangar y para devolver rápidamente una aeronave operativa al servicio. Aunque esto agiliza el mantenimiento y minimiza el efecto en los programas de vuelo, el lado negativo es un efecto adverso en los costes y esfuerzos de mantenimiento y material más adelante. inutilizable o que requiera mantenimiento. Si el material autoriza esta canibalización para agilizar el mantenimiento en la línea o en el hangar, debe iniciar la reordenación y posterior reparación de la unidad robada. Si el material no autoriza esta canibalización, el mantenimiento es responsable del robo y, por lo tanto, de la reordenación y posterior acción de mantenimiento del conjunto robado.

#### ESTA CANIBALIZACIÓN HACE QUE EL CONJUNTO PRINCIPAL (EL ROBADO)

Uno de los procesos de control de repuestos empleado por muchas compañías aéreas es el área de "cuarentena de repuestos". Esta zona se utiliza para separar los repuestos retirados de los aviones hasta que se pueda determinar si es

necesaria una reparación o si una unidad puede devolverse a los almacenes para su reexpedición. Si la pieza de repuesto soluciona el problema, se supone que la pieza en cuarentena necesita reparación y el material la envía al centro de reparación correspondiente. Si la unidad de sustitución no resuelve el problema, se supone que la que está en cuarentena está bien y se devuelve a los almacenes. Sin embargo, este no es siempre el mejor enfoque. Algunas compañías aéreas devuelven la pieza en cuarentena al taller para que la revisen antes de devolverla a los almacenes para garantizar su capacidad de servicio.

Esta actividad de cuarentena es una parte integral de la resolución de problemas y debe ser supervisada por el departamento de control de calidad y fiabilidad para determinar si las habilidades de resolución de problemas del personal de mantenimiento están en duda. Véase el proceso de "no fault found" (NFF) que se discute en el Apéndice C.

## MANIPULACIÓN DE REPUESTOS

La manipulación de repuestos y suministros se denomina a veces "envío y recepción". Sin embargo, este último término no cuenta toda la historia. La manipulación comienza con la recepción de los repuestos y los suministros e implica, en algunos casos, una inspección de entrada por parte del control de calidad para garantizar que la pieza es la correcta: número de pieza, número de serie si procede, estado de modificación, capacidad de servicio, fecha de caducidad (si procede), etc. También se examina el estado físico. Esto puede ser realizado por QC o por alguien de material designado por QC para realizar dichas inspecciones (véase el capítulo 17). Tras la recepción y la inspección de entrada, los repuestos se distribuyen al lugar adecuado -almacenes, hangar, línea, talleres, etc.- y los registros informáticos se actualizan en consecuencia.

## OTRAS FUNCIONES DEL DEPARTAMENTO DE MATERIAL

Las cinco funciones descritas anteriormente son funciones básicas del departamento de material que afectan directamente al departamento de mantenimiento. Existen algunas otras funciones y actividades en el funcionamiento diario de los almacenes y material para su propia actividad de apoyo o de apoyo al mantenimiento. Estos elementos se discuten brevemente en las siguientes secciones.

### REPUESTOS OBSOLETOS

Los repuestos obsoletos son repuestos que ya no se quieren o se necesitan debido a la actualización o cambio de los componentes. Esto también ocurre cuando una aerolínea actualiza su flota y hace que los repuestos sean inútiles. Estas repuestas, ahora obsoletas, siguen siendo buenas y pueden ser vendidas a otra aerolínea o instalación, que puede ser capaz de actualizar estas repuestas o componentes. La gestión de inventarios debe encontrar compradores para los repuestos obsoletos de manera oportuna para asegurar los fondos para comprar nuevos repuestos y para hacer el espacio necesario en el almacenamiento de repuestos. Estos repuestos obsoletos deben ser desecharadas si no se puede encontrar un comprador en un periodo de tiempo determinado.

### RECEPCIÓN DE REPUESTOS: CONTROL DE CALIDAD

El control de calidad (QC) desempeña un papel crucial en el proceso de inspección, especialmente cuando se reciben repuestos recién compradas, que vuelven de una reparación o que han sido prestadas por otra compañía aérea. La función de QC es revisar los repuestos nuevos y el papeleo para asegurarse de que son buenas. Una pieza reparada normalmente proviene de un proveedor aprobado por la compañía que ha sido seleccionado para reparar repuestos. Cuando la pieza vuelve del proveedor, el inspector de control de calidad inspecciona la pieza y el papeleo que la acompaña, que ofrece un informe completo de desmontaje en el que se describe el problema, lo que se hizo para solucionarlo y el tipo de prueba que se realizó para determinar su aeronavegabilidad, de modo que pueda volver a instalarse. Después de revisar toda la información, el inspector que recibe la pieza firma o sella la documentación, lo que significa que la pieza puede colocarse en un estante para su uso inmediato o posterior.

### REPUESTOS EN PRÉSTAMO - REPUESTOS FALSOS

Las aerolíneas que tienen el mismo tipo de flota de aviones a veces tienen contratos o acuerdos de préstamo de repuestos entre ellas. Cuando una de las aerolíneas necesita una pieza que la otra tiene, puede tomarla prestada para su propio avión. Este tipo de repuestos se conoce como repuestos de préstamo. La aerolínea que posee la pieza necesaria la envía a la aerolínea que la necesita. Cuando la otra aerolínea recibe la pieza, genera su propia documentación indicando que

se trata de una pieza en préstamo y que es lo suficientemente buena para ser utilizada en su flota. Esta documentación ayuda a la AMT y a los departamentos de almacén de ambas aerolíneas a hacer un seguimiento de la pieza prestada. Cuando la aerolínea prestataria recibe su propia pieza, retira la pieza prestada de su avión y la devuelve a la aerolínea de la que la tomó prestada.

Los repuestos falsos han circulado en la aviación y se ha estimado que cuestan millones de dólares. Los repuestos falsos son repuestos no aprobadas que pueden ser falsificadas, robadas, excesos de producción vendidos sin autorización, repuestos que pueden haber superado sus límites de tiempo, o repuestos marcados fraudulentamente que no se pueden rastrear y que carecen de cualquier tipo de documentación, por lo que no tienen las credenciales adecuadas. Por ejemplo, los pernos del soporte del motor están hechos de un material especial para sujetar el motor de un avión. Los repuestos falsos suelen estar hechas de algún material inferior que puede fallar y dañar una aeronave. Cuando un fabricante de aeronaves fabrica un avión o los repuestos necesarios para un sistema de la aeronave, sus ingenieros dedican tiempo a examinar y probar los materiales utilizados para los repuestos para estar seguros de que soportarán las tensiones causadas por una aeronave en movimiento. Los repuestos falsos, que podrían haber sido fabricadas por cualquiera con materiales baratos de calidad inferior, pueden causar daños a una aeronave o a sus componentes, que pueden fallar y requerir su sustitución con más frecuencia que los repuestos legítimos. Se necesita un ojo entrenado para detectar este tipo de repuestos. El sitio web de la FAA para identificar los repuestos falsos contiene la siguiente información sobre cómo identificar a un proveedor no cualificado:

- ❖ Precios bajos
- ❖ Servicio sospechosamente rápido
- ❖ Falta de datos
- ❖ Falta de seguimiento en papel

Si se da alguna de estas situaciones, debe inspeccionar el producto, comprobar el seguimiento de las piezas e inspeccionar la pieza en busca de defectos visuales. Las sanciones por piezas falsas en Estados Unidos y otros países pueden incluir cargos penales y multas muy elevadas, dependiendo de la gravedad del caso.

Una vez que decida que la pieza es falsa, debe llenar el formulario FAA 820-11, Suspected Unapproved Parts Notification (Notificación de piezas sospechosas no aprobadas) y enviarlo a su sucursal local de la FAA. También existe una línea de atención telefónica creada por la FAA para informar sobre piezas sospechosas no aprobadas.

#### PROGRAMA DE CALIBRACIÓN DE HERRAMIENTAS DE LOS TALLERES

El programa de calibración de herramientas es requerido por la FAA. La FAA exige que el utilaje especializado que se utiliza en el mantenimiento de las aeronaves, como las llaves dinamométricas, los multímetros, las cajas estáticas pitot y otros elementos de utilaje especializado, deben salir para ser calibrados y probados periódicamente, según los manuales de utilaje de la estación de reparación de la aerolínea. El utilaje especializado se envía para su calibración y, a su regreso, estas herramientas se reciben y se inspeccionan para comprobar su correcta calibración y los documentos de certificación que demuestran que todo el material enviado ha sido calibrado de acuerdo con la normativa de la FAA y la política de la compañía.

#### AJUSTES DEL NIVEL DE EXISTENCIAS

El aprovisionamiento inicial de una aerolínea es similar al programa de mantenimiento inicial desarrollado para una nueva aeronave y un nuevo operador (véase el capítulo 2). La experiencia del operador indicará la necesidad de cambiar este "punto de partida" con el tiempo. Las piezas requeridas, la cantidad necesaria en stock y los puntos de reordenación vendrán determinados por la actividad real de mantenimiento, y esto variará de una aerolínea a otra, así como de una ruta a otra dentro de una aerolínea. También puede variar con las estaciones y con la calidad del mantenimiento disponible. Ninguna de estas variantes puede ser controlada totalmente por la dirección, pero deben ser supervisadas regularmente y tratadas adecuadamente. Por lo tanto, es necesario tener una vigilancia continua de la utilización de las piezas, y hay que hacer los ajustes necesarios. Se trata de un esfuerzo conjunto de las secciones de mantenimiento y de material y está en consonancia con las actividades de control de costes y de presupuestación.

#### VIDA ÚTIL

El programa de vida útil es supervisado por la dirección y el personal de logística/almacenes, que define cuánto tiempo puede conservarse un artículo en el inventario de los almacenes de una aerolínea debido a los límites basados en el deterioro y los cambios químicos. Estas fechas de caducidad también son recomendadas por los fabricantes. Es

*responsabilidad del departamento de almacenes de una aerolínea asegurarse de que ningún artículo sobrepasa su fecha de caducidad y no se utiliza en ninguna aeronave. La compañía debe contar con un plan para eliminar los artículos con fecha de caducidad vencida, que normalmente entran dentro de los requisitos reglamentarios de la OSHA y la EPA.*

*Existen algunos requisitos de almacenamiento para las piezas de vida útil, que se comentaron anteriormente debido a su sensibilidad a las altas temperaturas o a la exposición al medio ambiente y a su tendencia a la combustión y a la corrosión, por lo que deben guardarse en armarios metálicos y etiquetarse como material peligroso, refrigerante, etc.*

*A continuación, se presentan ejemplos de artículos de vida útil:*

- ❖ *Juntas tóricas*
- ❖ *Grasa de aviación*
- ❖ *Pintura y artículos relacionados con la pintura*
- ❖ *Aceite penetrante*
- ❖ *Productos antiadherentes*
- ❖ *Compuestos aislantes Selladores de aviación*
- ❖ *Lubricantes de película seca*

*El departamento de almacenes debe realizar una inspección mensual o semimensual para retirar cualquier artículo de vida útil que esté por vencer. El departamento de tiendas debe buscar la recertificación de los componentes y, si son consumibles, deben desecharse siguiendo las directrices de la empresa. La dirección de control de calidad y los inspectores de control de calidad desempeñan un papel importante en el programa de caducidad del departamento de almacenes al realizar auditorías puntuales para determinar las condiciones de almacenamiento de los artículos caducados; al revisar la política y los procedimientos de caducidad; y al supervisar la infraestructura, las instalaciones y el sistema de disposición de la dirección de los almacenes para la eliminación de los artículos caducados.*

## **CAMBIOS, GARANTÍA Y MODIFICACIÓN DE PIEZAS**

*Los cambios de piezas y el trabajo en garantía pueden ser muy tediosos. Esta actividad suele ser responsabilidad del departamento de compras de los almacenes y de la logística. A menudo, las piezas se intercambian con un proveedor para evitar una situación de AOG. Los almacenes deben estar seguros de que la pieza intercambiada tendrá el mismo rendimiento que la pieza antigua que se envió y que la integridad del sistema de la aeronave no se verá comprometida debido a la actualización o modificación del estado de la pieza. El intercambio de piezas es habitual en el sector de la aviación.*

*El trabajo en garantía necesitará la ayuda del personal de mantenimiento de la aviación. Dado que estos AMT han rechazado una pieza para su uso previsto, tendrá una etiqueta verde adjunta que define el problema que causó su rechazo. El departamento de almacenes de la aerolínea debe trabajar con diligencia para evitar cualquier retraso en el trabajo de garantía. Aquí es donde el departamento de fiabilidad de la aerolínea resulta útil, ya que supervisa todos los fallos de piezas y sistemas que se pueden retirar prematuramente de los aviones, lo que ayuda a los almacenes a explicar el mal funcionamiento de la pieza a su proveedor de reparaciones.*

*Las piezas de los aviones se modifican debido a la integración de los sistemas, las directivas de aeronavegabilidad (AD) y los constantes fallos, que llevan a revisar el diseño y sus componentes. Una vez que se confirma que hay que modificar una pieza o componente, el proveedor inicia inmediatamente el proceso con los componentes disponibles y las órdenes de reparación. El departamento de piezas de la aerolínea comienza a enviar los componentes para su modificación o actualización. Dado que la instalación de una modificación incorrecta podría suponer un riesgo para la seguridad de los vuelos, este tipo de modificaciones requieren una supervisión y comunicación constantes entre el proveedor, la dirección de los almacenes y el departamento de ingeniería. La pieza mejorada o modificada tendrá el mismo número de pieza que la antigua, pero puede tener un número de guion más alto, o se puede añadir una letra del alfabeto al final del número de pieza. Tomemos como ejemplo la modificación de un cojinete del generador de arranque con el antiguo número de pieza 8260121-2. El nuevo número de pieza actualizado sería 8260121-3 o 8260121-2A, que indica que la modificación se ha completado según el AD o cualquier otro escenario con la documentación adecuada que acompaña a la pieza. Además, el departamento de almacenes mostrará en su sistema un número de pieza actualizado o alternativo sustituido para evitar entregar una pieza antigua no modificada.*

*El enfoque moderno de la gestión requiere que todos y cada uno de los gestores sean conscientes de las necesidades de costes de la organización que dirigen. Si M&E quiere tener el control total del material, como sugerimos al principio de este capítulo, entonces debe asumir la responsabilidad total de los costos incurridos y la presupuestación de toda la actividad. Esto es principalmente responsabilidad del director de material, pero (sin duda) delegará en cada gestor la responsabilidad de sus propias actividades. Por supuesto, en el análisis final, la contabilidad y las finanzas a nivel corporativo mantendrán la supervisión del esfuerzo y tomarán la determinación final en cuanto a las asignaciones presupuestarias. Después de todo, la contabilidad y las finanzas también tienen un jefe: el director general de la aerolínea.*

*Uno de los principales problemas a la hora de establecer los niveles de existencias es el coste de los artículos almacenados. Algunas aerolíneas tienen un exceso de existencias para evitar quedarse sin un artículo cuando es muy necesario. El resultado de este exceso de existencias puede ser minimizar el tiempo de inactividad por mantenimiento y los consiguientes retrasos y cancelaciones, pero la pena es tener demasiado dinero invertido en suministros que no se utilizan, no se necesitan o, en algunos casos, se vuelven obsoletos mientras permanecen en la estantería.*

*El otro extremo adoptado por algunas aerolíneas es invertir muy poco en piezas de repuesto, minimizando así la cantidad de dinero necesaria para poner en marcha y hacer funcionar la aerolínea. La desventaja es que el tiempo de inactividad por mantenimiento, así como los retrasos y las cancelaciones, tienden a aumentar en detrimento del programa de vuelos, la satisfacción de los pasajeros e incluso la calidad del mantenimiento.*

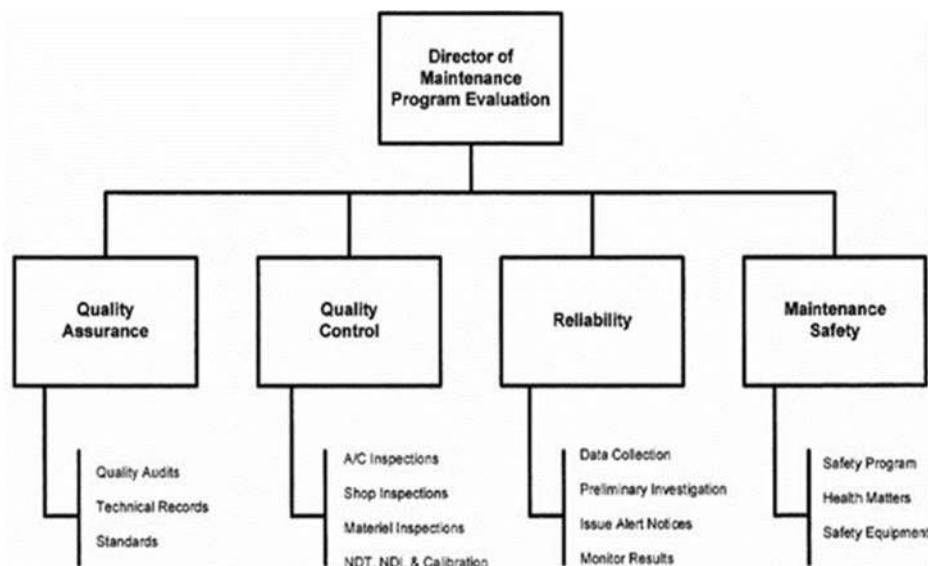
*Como tantas otras cosas en la industria aérea, el presupuesto y los niveles de existencias se convierten en precarios malabarismos que requieren habilidad, destreza y quizás un poco de suerte para llevarlos a cabo.*

#### PARTE IV

#### FUNCIONES DE SUPERVISIÓN

*En el Cap. 6, discutimos el requisito CASS de la FAA AC 120-16E. La Circular Consultiva de la FAA AC 120-79A proporciona más detalles sobre el CASS, incluyendo varias formas de organizar la función. En este curso, abordamos el requisito CASS a través de cuatro organizaciones de supervisión.*

*Cada función abarca áreas específicas de interés que ayudan al director de evaluación del programa de mantenimiento (MPE) en estos esfuerzos de supervisión (Fig. IV-1). Estas unidades se denominan (en nuestra estructura) garantía de calidad, control de calidad, fiabilidad y seguridad, y cada una de ellas se aborda en un capítulo separado (Caps. 16 a 19).*



*Figura IV-1 Organigrama de la evaluación del programa de mantenimiento.*

*El aseguramiento de la calidad (QA) es la organización responsable de llevar a cabo ciertas acciones administrativas para el director de MPE y de realizar auditorías anuales de todas las organizaciones de M&E, incluyendo aquellas externas a la aerolínea que proporcionan trabajo u otro tipo de asistencia a la aerolínea. El control de calidad (QC) examina específicamente las prácticas de mantenimiento y la realización real de los trabajos de mantenimiento. También es responsable de las inspecciones especiales y de la calibración de herramientas y equipos de prueba. La organización de fiabilidad tiene la responsabilidad de supervisar las tasas de fallos, las retiradas, etc. de los sistemas y componentes de los aviones para medir la eficacia del programa de mantenimiento global. Si se observan deficiencias, la fiabilidad*

traslada el problema a ingeniería para que lo investigue y desarrolle una solución adecuada. La función de supervisión restante es la seguridad. La organización de la seguridad se ocupa específicamente de las cuestiones de salud y seguridad relacionadas con las actividades de M&E. Esto significa establecer el programa de salud y seguridad y supervisar su aplicación.

Cada capítulo de la Parte IV está escrito para tratar una función de supervisión concreta de forma independiente. Sin embargo, la CASS de la aerolínea debe integrar las actividades de todas las unidades de supervisión para supervisar completamente el programa de mantenimiento e inspección de la aerolínea. Una aerolínea con un programa de fiabilidad aprobado por la FAA normalmente tendrá una junta establecida para tratar los problemas descubiertos durante estas actividades. Esta junta, formada por representantes de todas las unidades de M&E, revisa el programa, así como el análisis y la solución de los problemas detectados a través del programa de fiabilidad y suele denominarse Junta de Control de la Fiabilidad (RCB).

Para abordar y posteriormente resolver cualquier problema o cuestión relacionada con los hallazgos de cualquiera de las otras actividades de supervisión, la aerolínea debe establecer un Consejo de Revisión del Programa de Mantenimiento (MPRB). Esta junta sustituye a la RCB mencionada anteriormente. Dado que el alcance de las funciones de supervisión varía, las acciones de la MPRB también variarán. Por ejemplo, los escritos resultantes de las auditorías de control de calidad serán principalmente infracciones de las normas y reglamentos de la aerolínea o de la FAA y, por lo tanto, la acción correctiva será para que la unidad cumpla con la normativa. Si, en ocasiones, el informe de control de calidad requiere un cambio en las normas o procedimientos, se recurrirá a la Junta de Recursos Humanos para debatir el asunto y determinar el enfoque necesario. Si la normativa de la FAA está implicada, el director del MPE coordinará la acción de la MPRB con la FAA. En el caso de los problemas de control de calidad, fiabilidad y seguridad, el análisis y la acción correctiva variarán según el tipo de problema y las unidades implicadas. Del mismo modo, la participación del MPRB variará.

El MPRB se define en el capítulo 18, ya que sus principales esfuerzos se centrarán en los problemas de fiabilidad.

## CAPÍTULO 16

### GARANTÍA DE CALIDAD

#### REQUISITO DE GARANTÍA DE CALIDAD (QA)

Para cada tipo de aeronave volada, la compañía aérea debe generar las especificaciones de operaciones (Ops Specs) que establecen, entre otras cosas, los programas de mantenimiento e inspección que se utilizarán para mantener la aeronave en condiciones de aeronavegabilidad. Esto se denomina programa de mantenimiento continuo de la aeronavegabilidad o CAMP y se define en las Ops Specs del operador. Las Ops Specs son aprobadas por la FAA, pero no son suficientes para asegurar que dichos programas sean efectivos. El Reglamento Federal de Aviación (FAR) 121.373 (Análisis y Vigilancia Continua) establece un requisito adicional. El párrafo (a) de la 121.373 dice lo siguiente:

Cada titular de un certificado establecerá y mantendrá un sistema para el análisis y la vigilancia continuos del rendimiento y la eficacia de su programa de inspección y del programa que cubre otro tipo de mantenimiento, mantenimiento preventivo y alteraciones, así como para la corrección de cualquier deficiencia en dichos programas, independientemente de que estos programas sean llevados a cabo por el titular del certificado o por otra persona.

Lo que esto significa es que, aunque la aerolínea tenga un programa de mantenimiento e inspección aprobado por la FAA, debe supervisar estos programas para determinar su eficacia y aplicar las medidas correctivas adecuadas siempre que cualquier parte de dichos programas resulte ineficaz. Este requisito de la aerolínea operadora cubre no sólo el trabajo que realiza ella misma, sino también cualquier trabajo realizado para ella por organizaciones de terceros, incluidas otras aerolíneas. Esta revisión de los programas de mantenimiento e inspección de las aerolíneas se aborda con más detalle en la Circular Consultiva AC 120-79A de la FAA.

En este capítulo, sólo hablaremos de las actividades de garantía de calidad. Otros requisitos del CASS se tratan en capítulos posteriores. Las funciones de la GC son (a) la administración y gestión de las actividades de GC y CASS; (b) la realización de auditorías de GC de todas las organizaciones de M&E; (c) el mantenimiento de los registros técnicos; y (d) el enlace con la autoridad reguladora para todas las funciones de M&E.

### AUDITORÍAS DE CALIDAD

En apoyo de los requisitos de la norma FAR 121.373 (es decir, CASS), debe realizarse una auditoría de calidad en todas y cada una de las unidades de la organización de M&E. Por lo general, esto se haría anualmente, pero otros calendarios (más o menos frecuentes) pueden ser apropiados para ciertas áreas. Esta auditoría debe ser un esfuerzo detallado y de

investigación diseñado para examinar todos los aspectos de la operación, determinar cualquier discrepancia y establecer una acción correctiva con un tiempo finito para la corrección de cada discrepancia. Esto significa que el auditor, o el equipo de auditoría si es necesario, examinará los aspectos administrativos y de supervisión de la operación auditada, así como el rendimiento del trabajo. En relación con el desempeño del trabajo, examinarán (a) la adecuación de las herramientas, los equipos de prueba y las instalaciones; (b) la competencia del personal asignado (licencias, formación, habilidades y niveles de destreza, etc.); (c) el orden en el taller y la oficina; y (d) el uso y la manipulación de las herramientas, las piezas, los suministros y el papeleo. La siguiente es una lista de muestra, pero no exhaustiva, de las actividades de las aerolíneas que deben ser auditadas.

1. Procesos y procedimientos relacionados con el mantenimiento en línea, en el hangar y en el taller: cuadernos de bitácora; comprobaciones completadas; realización de comprobaciones de mantenimiento en tránsito, diarias y de 48 horas; gestión del mantenimiento diferido; actividades de abastecimiento de combustible; inspecciones de control de calidad; procedimientos relacionados con transferencia de trabajo en el cambio de turno; y adquisición de piezas y suministros.
2. Procesos y procedimientos relacionados con el material: recepción, almacenamiento, etiquetado y manipulación de piezas y suministros, incluidos los artículos de alto valor, limitados en el tiempo e inflamables; seguimiento de las piezas limitadas en el tiempo; tramitación de las reclamaciones de garantía; establecimiento y reposición de los kits de vuelo; asignaciones de piezas en hangares, líneas y estaciones externas.
3. Procesos y procedimientos relacionados con la ingeniería: desarrollo del programa de mantenimiento; investigación de áreas problemáticas; establecimiento de políticas y procedimientos; procedimientos para la evaluación de boletines de servicio, cartas de servicio y directivas de aeronavegabilidad.
4. Procesos y procedimientos relacionados con la formación del personal de mantenimiento e inspección en el uso de sistemas informáticos, manuales, documentación, bibliotecas técnicas y equipos de seguridad.

El cuadro 16-1 muestra las unidades de M&E y diversas áreas de interés para quienes realizan las auditorías de calidad.

Audit Subjects	Hangar	Line	Shops	Contractors	Vendors	Fuel	Tech. Lib.	Logbooks	Checks	Materiel	Tools & Eq	Deerrals	Oxygen	Training	Safety
1. Adequacy & Upkeep of Facilities	x	x	x	x		x				x	x		x	x	
2. Adequacy and Serviceability of GSE	x	x													
3. Serviceability & Calibration: Tools & Test Eq.	x	x	x	x							x				
4. Use of Technical Manuals	x	x	x	x											
5. Availability of Skilled & Qualified Personnel	x	x	x	x						x					
6. Paperwork Handling	x	x	x	x	x	x				x					
7. Required Inspection Items Handling	x	x	x	x						x			x		
8. Personnel Records	x	x	x	x	x										
9. Partic Availability, Handling, Control	x	x	x	x	x					x					
10. Fuel & Oil: Dispensing & Storage	x							x							
11. Deicing Chemicals: Dispensing & Storage		x													
12. Compliance with Airline Requirements				x	x										
13. Capabilities				x											
14. Cleanliness & Quality of Fuel							x								
15. Periodic Test & Inspection of Fuel Facilities							x								
16. Fuel Handling Equipment							x								
17. Fueling Procedures		x					x								
18. Revision Status of Manuals							x								
19. Distribution Procedures for Manuals							x								
20. Proper Revision Sign Off					x			x							
21. Currency & Completeness of Manuals	x	x	x	x	x			x							
22. Completeness of Logbooks								x							
23. Proper Sign Off of Discrepancies								x	x						
24. Transfer of Data to Tracking System									x						
25. Handling of Deferred Maintenance		x							x						
26. Improper Maintenance Write-ups in Logbook		x							x						
27. Completeness of Check Packages									x						
28. Inspection Stamp Usage	x	x							x						

29. Airplanes Identified		x	
30. Handling Items Deferred out of Check		x	x
31. Receiving Inspections		x	
32. Serviceable Tag Sign Off		x	
33. Shop Finding Reports		x	
34. Quarantine Areas		x	
35. Shelf Life Control (Stores)		x	
36. Separation of Serviceable from Unserviceable		x	
37. Currency of Calibration Stickers		x	
38. Re-Calibration Control System		x	
39. Traceability of Standards (NIST)		x	
40. Reporting & Rectification of Deferred Items	x	x	x
41. Reasons for Deferrals			x
42. Proper Control of Deferrals			x
43. Cleanliness of Tools, Work Areas, Parts			x
44. Proper Storage of Oxygen Bottles			x
45. Quality of Oxygen			x
46. Availability of Safety Equipment	x	x	x
47. Safety Training			x
48. Accident/Incident Reporting	x	x	x
49. Identification of 'No Smoking' Areas	x	x	x
50. Hazardous Materials Labeling & Handling	x	x	x
51. Training Course Syllabus			x
52. Maintenance of Training Records			x
53. Processing Warranty Claims			x

TABLA 16-1 Auditorías de calidad

El supervisor de las auditorías de calidad y su personal deben realizar estas auditorías de calidad en cada organización de S y E una vez al año. Debe prepararse un calendario con antelación a cada año natural en el que se indiquen las fechas aproximadas y el objeto de cada auditoría. No se trata de un intento de "pillar" a alguien haciendo algo mal. El propósito es revisar las operaciones actuales y garantizar que se corrijan las deficiencias. Sin embargo, podrían realizarse controles puntuales o auditorías sorpresa si la situación lo requiere.<sup>1</sup> Es importante que cada aspecto de la operación de M&E se audite anualmente para garantizar el cumplimiento de los requisitos reglamentarios y de las compañías aéreas. Es igualmente importante que estas auditorías se tomen en serio. Cualquier discrepancia debe ser abordada y se deben aplicar medidas correctivas de manera oportuna.

Las auditorias deben ser estandarizadas. Aunque las áreas específicas de investigación varían de una auditoría a otra, como puede verse en la Tabla 16-1, hay ciertos puntos que son comunes a muchas organizaciones. Deben elaborarse formularios estándar en los que se anoten las áreas de interés específicas de cada unidad auditada.

El supervisor de las auditorías de calidad también es responsable de auditar a todas las organizaciones externas que tengan relaciones con M&E. Esto incluye a los proveedores de piezas, los consorcios de piezas, las empresas de servicios y los proveedores de servicios. Esto incluye a los proveedores de piezas, los grupos de piezas, las organizaciones de mantenimiento de terceros y otros contratistas. No se trata de una aprobación superficial de una organización que ya ha recibido la aprobación de su propia autoridad reguladora o del departamento de control de calidad de la aerolínea. Las auditorías de calidad realizadas por su aerolínea deben garantizar que el trabajo realizado por estos contratistas cumple con su aerolínea y con sus requisitos reglamentarios, independientemente de lo similares o diferentes que puedan ser de los del contratista. Recuerde que la norma FAR 121.373 dice que una aerolínea es responsable de supervisar todo el mantenimiento de sus aeronaves, independientemente de quién lo realice.

Otros tipos de auditorías pueden realizarse anualmente o cuando sea necesario. Se trata de auditorías de determinados procesos, procedimientos o funciones, que pueden abarcar dos o más organizaciones o actividades dentro de M&E. Cada organización involucrada sería auditada por su parte en el proceso, procedimiento o función más grande sin una auditoría completa de su organización (a menos que se considere necesario debido a estos u otros hallazgos). Estas auditorías incluyen lo siguiente:

1. Operaciones de rampa. Todas las funciones de mantenimiento de línea y de apoyo relacionadas con las actividades en las áreas de rampa y puerta del aeropuerto. Esto incluiría el estacionamiento, el rodaje, el reabastecimiento de combustible, el servicio de las aeronaves, la carga y descarga (pasajeros, carga, etc.) y el mantenimiento de los giros. Una auditoría de este tipo podría realizarse junto con un problema relacionado con los retrasos y las cancelaciones o con las operaciones de la terminal en general.
2. Presión de los neumáticos de los aviones. Podría auditarse el proceso de comprobación y ajuste de la presión de los neumáticos (técnicas de inspección, uso de nitrógeno, etc.) en toda la flota. Esto incluiría todos los modelos de aviones, todas las estaciones en las que es probable que se realice este trabajo y las tripulaciones implicadas.
3. Registros del taller. Aunque este tema normalmente formaría parte de una auditoría estándar para cualquier unidad en la que se lleven registros, pueden surgir situaciones que requieran una auditoría del proceso de mantenimiento de registros en toda la aerolínea.
4. de la aerolínea. Los nuevos procedimientos, los nuevos procesos informáticos o los hallazgos del programa de fiabilidad, por ejemplo, podrían hacer necesaria una auditoría de este tipo.

5. *Elementos de inspección requeridos (RII). De nuevo, esto se incluiría en la auditoría estándar cada vez que se audite cualquier unidad relacionada con los RIIs. Pero puede ser necesario comprobar el propio proceso de RII, así como revisar la autorización de los mecánicos que realizan las RII.*
6. *Cumplimiento de AD y SB. Todos los AD deben aplicarse en un plazo determinado y a menudo se aplican a aeronaves específicas (por número de cola, modelo o número de tablero, etc.). Los boletines de servicio, aunque son opcionales, deben ser revisados para su correcto cumplimiento si se incorporan. A veces se genera un AD para un SB ya publicado. Incluso si la aerolínea rechazó el SB (por la razón que sea) como un AD, debe ser incorporado. Esta auditoría examinará la ingeniería para el manejo de ADs y SBs y la subsiguiente generación de EOy otras órdenes de trabajo; también examinará las unidades apropiadas involucradas en la incorporación de estas modificaciones (mantenimiento, material, entrenamiento, etc.).*
7. *Reparaciones y modificaciones importantes. Estas auditorías suelen realizarse para garantizar el cumplimiento de los requisitos siempre que se realicen reparaciones o modificaciones importantes en las aeronaves. Estas modificaciones se realizarían en una flota de aeronaves, pero la auditoría se haría normalmente una sola vez.*
8. *Equipos de seguridad. La disponibilidad y accesibilidad de los equipos de seguridad en los distintos centros de trabajo puede formar parte de la auditoría normal del centro, pero a veces puede ser conveniente realizar una auditoría especial de todos los equipos de seguridad. Esto puede incluir una auditoría de la propia organización de la seguridad.*
9. *Informes de accidentes/incidentes. Estos procesos y procedimientos se abordarían en una auditoría de la organización de seguridad, pero puede ser necesaria una auditoría del programa total, incluyendo otros centros de trabajo.*
10. *Protección/prevención de incendios. Todos los sistemas, equipos y procedimientos relacionados con la protección y prevención de incendios pueden ser objeto de una auditoría única.*
11. *Manipulación de materiales peligrosos. La manipulación adecuada de estos materiales requiere la formación del personal que está en contacto con dichos materiales. El programa global, que abarca varios centros de trabajo, puede ser auditado.*

#### NORMA DE CALIDAD ISO 9000

Últimamente hay mucho interés en la calidad: calidad de la mano de obra, calidad del servicio, calidad de la vida. La mayor parte de la industria de todo el mundo está adoptando la norma internacional de calidad, conocida como ISO 9000 (ISO, Organización Internacional de Normalización). Esta norma establece los requisitos de un sistema de calidad en las organizaciones que realizan tareas de diseño y/o fabricación o prestan servicios técnicos a terceros. Identifica tres tipos de organizaciones, con la especificación ISO 9000 adaptada a cada una de ellas. La siguiente información procede del Manual de gestión del mantenimiento de Joel Levitt. ISO 9001 es para instalaciones que diseñan/desarrollan, producen, instalan y dan servicio a productos o prestan servicios a clientes que especifican cómo debe funcionar el producto o servicio.

La ISO 9002 es para las instalaciones que proporcionan bienes o servicios según las especificaciones de diseño del cliente.

La norma ISO 9003 es para los que realizan la inspección y las pruebas finales.

Cada instalación debe estar certificada según el programa ISO 900X aplicable en función del tipo de trabajo realizado. El mantenimiento (de aeronaves o de otro tipo) no se aborda específicamente en ninguna de estas normas ISO, pero muchas autoridades reguladoras de la aviación fuera de Estados Unidos exigen a los operadores de aerolíneas comerciales que desarrollen una norma de calidad utilizando la norma ISO 9000. La Tabla 16-2 describe los requisitos para cada tipo de organización ISO 9000. La columna de la derecha (añadida por este autor) identifica los elementos que se relacionan con el mantenimiento de la aviación.

ISO 9000 requirement	9001	9002	9003	Maintenance
1. Management responsibility	X	X	X	X
2. Documented quality system	X	X	X	X
3. Review of customer contracts	X	X		
4. Implement process controls	X			X
5. Document control	X	X	X	X
6. Purchasing control	X	X		X
7. Supplier controls	X	X		X
8. Product traceability	X	X	X	X
9. Documented processes	X	X		X
10. Inspection and testing	X	X	X	X
11. Calibration of tools and test equipment	X	X	X	X
12. Inspection and test of products	X	X	X	X
13. Control of nonconforming products	X	X	X	
14. Document corrective action	X	X		X
15. Protect parts, etc. from damage, theft, etc.	X	X	X	
16. Quality records required	X	X	X	X
17. Internal quality audits	X	X		X
18. Document training	X	X	X	X
19. Track servicing	X			X
20. Use statistical techniques to track quality	X	X	X	X

TABLA 16-2 Requisitos de ISO 9000 para organizaciones de calidad

## REGISTROS TÉCNICOS

En el Capítulo 6, identificamos el requisito de la FAA de que un operador mantenga ciertos registros sobre el estado de la aeronave en funcionamiento. Este requisito es para garantizar que las aeronaves se mantienen en condiciones de aeronavegabilidad y de acuerdo con los requisitos de certificación. Estos registros permiten a la FAA o a otras autoridades reguladoras comprobar que esto se está haciendo. Muestra el estado actual de la aeronave y que el estado está actualizado. También permite a un nuevo operador, si la aeronave se vende, se alquila o se devuelve a un arrendador, conocer el estado exacto de la aeronave con respecto a las AD, SB y otras modificaciones y reparaciones importantes. También permite al nuevo operador saber cuál es el programa de mantenimiento de la aeronave y en qué punto se encuentra en la progresión de las revisiones de letras en el momento de la transferencia, es decir, cuánto tiempo falta para la próxima revisión "A" o "C" y qué revisiones múltiples (3A, 4C, etc.) pueden ser necesarias.

Hay cuatro clasificaciones de registros que un operador debe mantener: continuos, rutinarios, repetitivos y permanentes.

Los registros continuos, enumerados en la Tabla 16-3, se actualizan continuamente para reflejar el estado de la operación de la aerolínea en cualquier momento. Los registros rutinarios, en la Tabla 16-4, se mantienen normalmente durante un período de 15 meses. Algunos registros de rutina pueden ser transferidos a un estado permanente como se indica en la tabla.

TABLA 16-3 Registros continuos

Registros generales (aeronaves, motores, componentes, aparatos)

Registros de tiempo en servicio

- ❖ Límites de tiempo
- ❖ Tiempo desde la última revisión
- ❖ Tiempo desde la última inspección

Repuestos de vida útil limitada

- ❖ Límites de funcionamiento
- ❖ Horas y ciclos acumulados
- ❖ Modificaciones por SB y/o AD
- ❖ Mejora del producto por parte del fabricante o del operador

Estado de la AD

- ❖ Lista de ADs aplicables Fecha y tiempo en servicio
- ❖ Métodos de cumplimiento (AD, SB, EO, etc.)
- ❖ Tiempo hasta la siguiente acción para ADs recurrentes

## *Registros de la aeronave*

### *Estado actual de la inspección*

- ❖ *Tiempo en servicio desde la última inspección*
- ❖ *Tareas rutinarias realizadas durante la última inspección*
- ❖ *Tareas no rutinarias realizadas durante la última inspección*

### *Registros de componentes*

- ❖ *Lista de revisiones (FAR 121.380)*
- ❖ *Tiempo desde la última revisión*
- ❖ *Tiempo restante hasta la próxima revisión*

### *Tarjetas de historial de los componentes*

#### *TABLA 16-4 Registros de rutina*

*Registros generales (aviones, motores, componentes, aparatos)*

*Campañas de la flota (pueden ser transferidas a permanentes)*

### *Listas de comprobación completadas*

- ❖ *Lista de comprobación del ferry de mantenimiento*
- ❖ *Lista de comprobación del ferry de salida del motor*
- ❖ *Lista de comprobación del vuelo de prueba*

### *Registros de la aeronave*

#### *Cuadernos de bitácora*

- ❖ *Cuaderno de vuelo*
- ❖ *Cuaderno de mantenimiento*
- ❖ *Cuaderno de cabina*

### *Registros de motores y APU*

- ❖ *Cuadernos de bitácora*

### *Registros de formación de mantenimiento*

*Los registros repetitivos, mostrados en la Tabla 16-5, identifican todo el trabajo que se repite a intervalos regulares, como las comprobaciones diarias, de tránsito y de cartas. Normalmente, los registros de comprobación de cartas se conservan sólo hasta la finalización de la siguiente comprobación. Sin embargo, la información de estas comprobaciones sería necesaria para justificar el ajuste de los intervalos (véase el capítulo 2). En estos casos, los datos del paquete de cheques permanecen en el archivo o los elementos significativos de cada control, de cada avión, se resumen y se archivan para su uso futuro y se destruye el papel original del paquete de cheques.*

#### *TABLA 16-5 Registros repetitivos*

### *Registros de la aeronave*

*Controles de mantenimiento/inspección (diarios, de 48 horas, de tránsito, de cartas)*

- ❖ *Hojas de ruta rutinarias firmadas*
- ❖ *Hojas de ruta no rutinarias firmadas*
- ❖ *Registros de cierre de paquetes*

### *Comprobaciones de mantenimiento/inspección (4C, D, estructural-todas las aeronaves)*

- ❖ *Hojas de ruta rutinarias firmadas (pueden transferirse a permanentes)*
- ❖ *Tarjetas de tareas no rutinarias firmadas (pueden transferirse a la versión permanente)*
- ❖ *Registros de cierre de paquetes*

### *Peso y balance*

#### *Registros de motores y APU*

## *Inspecciones de revisión, comprobación y sección caliente*

*Los registros permanentes, enumerados en la Tabla 16-6, identifican los cambios permanentes en*

*Los registros permanentes, enumerados en la Tabla 16-6, identifican los cambios permanentes en la configuración de la aeronave, los motores, los componentes y los aparatos, y se conservan de forma permanente. Si la aeronave se vende, se arrienda o se devuelve a un arrendador, los registros permanentes deben transferirse al siguiente operador con la aeronave.*

### *TABLA 16-6 Registros permanentes*

*Registros generales (aeronaves, motores, componentes y aparatos)*

*Registros de cumplimiento de AD*

- ❖ Documentación firmada (hojas de ruta, OE, etc.)

*Registros de cumplimiento SB/SL*

- ❖ Documentación firmada (hojas de ruta, OE, etc.)

*Registros de reparaciones/alteraciones importantes*

- ❖ Informes de accidentes
- ❖ Autorizaciones de reparación, bocetos, dibujos SBs,
- ❖ STCs, modificaciones, EO
- ❖ Informes de cambios de peso/CG
- ❖ Informes de vuelos de prueba

*Formulario 337 de la FAA (reparaciones y alteraciones importantes)*

*Otras funciones de la garantía de calidad*

*La parte de la GC que se ocupa de los registros también puede ser responsable de controlar la vigencia de las licencias de los mecánicos y las cualificaciones y autorizaciones de los inspectores (RII e inspecciones condicionales). Este grupo también tendría el control administrativo sobre la elaboración y modificación del TPPM y otros documentos que requieren la aprobación del director de MPE.*

*El QA también realiza auditorías internas y controles puntuales que se frecuentes en varios turnos para tener una idea de lo bien que se están siguiendo las políticas y procedimientos de mantenimiento de la empresa. Estas comprobaciones puntuales pueden referirse a las aeronaves que se mantienen en el hangar, al mantenimiento en línea, a la seguridad, a los talleres de mantenimiento, al papeleo, a las herramientas o a los equipos que se utilizan.*

## **CAPÍTULO 17**

### **CONTROL DE CALIDAD**

#### **INTRODUCCIÓN**

*La función de inspección de una organización de M&E de una aerolínea es parte del programa básico de mantenimiento establecido por las Especificaciones de Operaciones, como se discute en el Cap. 6. Consiste, en parte, en las inspecciones realizadas por los mecánicos durante el trabajo de mantenimiento rutinario: inspecciones visuales generales, inspecciones detalladas, así como la obvia comprobación y re-chequeo del propio trabajo. Algunas acciones de mantenimiento requieren que un "segundo par de ojos" realice una inspección para asegurarse de que el trabajo se ha realizado correctamente o para volver a comprobarlo. Esto incluye los elementos de inspección requeridos (RII) y también incluye la comprobación de la supervisión del personal recién contratado o recién formado para asegurarse de que está cumpliendo las normas. Otro tipo de inspección, la inspección condicional, es necesaria en el caso de eventos especiales, como choques con pájaros, aterrizajes bruscos, impactos de rayos, vuelos con fuertes turbulencias o el arrastre accidental de las puntas de las alas o de los motores al aterrizar o rodar. Para estos eventos especiales, la inspección debe ser lo suficientemente detallada como para detectar posibles daños estructurales y puede requerir técnicas especiales no destructivas de prueba e inspección (NDT/NDI). Para que un mecánico pueda llevar a cabo RII o realizar inspecciones condicionales, debe estar debidamente capacitado, calificado y aprobado para realizar dichas inspecciones por el control de calidad según FAR 121.371.*

#### **ORGANIZACIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD**

Para llevar a cabo todos estos requisitos de inspección, es necesario establecer una función de control de calidad dentro de la organización de M&E. Esta función puede adoptar diversas formas. En la típica aerolínea de tamaño medio, hemos incluido la función de control de calidad dentro de la dirección de MPE. Esto supone que la organización es lo suficientemente grande como para emplear inspectores de control de calidad a tiempo completo. En organizaciones más pequeñas, sin embargo, los inspectores de control de calidad pueden, por necesidad, estar ubicados en los centros de trabajo. Sin embargo, muy a menudo una compañía aérea tendrá ambos tipos de inspectores. Los inspectores a tiempo completo se denominan "inspectores dedicados", mientras que los inspectores a tiempo parcial se denominan "inspectores delegados" (a veces llamados "inspectores designados"). En cualquiera de los casos, alguien de la organización del PPE debe supervisar a todos los inspectores de control de calidad. Esta función de supervisión suele recaer en el departamento de garantía de calidad si no existe un departamento de control de calidad.

Un inspector dedicado puede ser un mecánico, un técnico o un ingeniero con experiencia, debe tener una licencia válida de A&P y debe recibir formación sobre las técnicas de inspección generales, así como sobre las técnicas especiales necesarias para las áreas específicas que se le asignen para inspeccionar. Un inspector de control de calidad debe ser aprobado por la organización de control de calidad para realizar dichas inspecciones.

Un inspector delegado (o designado) puede ser un mecánico o supervisor de un centro de trabajo específico que está cualificado para realizar determinadas inspecciones. A menudo se limita a realizar inspecciones sólo en áreas específicas simplemente porque no hay ningún otro experto en la aerolínea cualificado para realizar dicha inspección o no hay suficiente trabajo de este tipo para asignar a alguien a la labor de inspección a tiempo completo. En otros casos, cuando la carga de trabajo es insuficiente para los inspectores a tiempo completo, el inspector delegado puede tener que realizar toda la inspección de control de calidad dentro de un centro de trabajo determinado. Sin embargo, para mantener la separación de los inspectores de los inspeccionados, se considera que, durante las actividades de inspección, el inspector delegado está trabajando para el QC (o QA) y no para el centro de trabajo.

Internamente, el control de calidad está dividido en cuatro funciones, cada una bajo su propio supervisor. El tamaño de la aerolínea y las preferencias de la dirección pueden sugerir otras disposiciones, pero en nuestra típica aerolínea de tamaño medio, tenemos supervisores para las inspecciones de aeronaves, las inspecciones de taller, las inspecciones de material y las pruebas y la calibración.

El supervisor de las inspecciones de las aeronaves supervisaría a todos los inspectores de control de calidad, dedicados o delegados, que son responsables de las inspecciones realizadas en las aeronaves, ya sea en el hangar o en la línea. El supervisor de inspecciones de taller tiene las mismas responsabilidades para las inspecciones realizadas en todos los talleres de apoyo y revisión para el mantenimiento de aeronaves. El supervisor de inspecciones de material es responsable de todas las inspecciones requeridas en los componentes entrantes y salientes manejados por material.

El cuarto puesto del organigrama de control de calidad es responsable de la supervisión de todas las pruebas e inspecciones no destructivas (NDT/NDI) y de la calibración de las herramientas y los equipos de prueba utilizados en todo M&E. Esto incluye los equipos de pruebas electrónicas utilizados en la línea, en el hangar y en los talleres, así como las herramientas especiales, como las llaves dinamométricas, que requieren comprobaciones periódicas de la precisión de la calibración. La unidad de control de calidad es responsable de que todas estas herramientas y equipos tengan pegatinas de calibración válidas que muestren la fecha de la última calibración o la fecha en la que debe realizarse la siguiente; es decir, la expiración de la calibración actual.

#### DIFERENCIAS ENTRE LA FAA Y LAS JAA

La discusión anterior abarca el enfoque del control de calidad en relación con las normas estadounidenses. En Europa, las compañías aéreas que se rigen por las Autoridades Aeronáuticas Conjuntas (JAA) tienen una configuración diferente. Según las normas de las JAA, no existe una organización de control de calidad, sino sólo una garantía de calidad. Sin embargo, todos los aspectos de la función de control de calidad mencionados anteriormente siguen existiendo en las JAA, pero se controlan de forma diferente. Las JAA no son una autoridad reguladora.<sup>1</sup> Se trata de un grupo consultivo cuyo objetivo es normalizar la normativa de aviación en toda Europa. En todos los casos, la autoridad reguladora del propio país de la aerolínea tiene la última palabra sobre lo que ésta debe hacer.

El mecánico certificado y formado se considera lo suficientemente cualificado para inspeccionar su propio trabajo y asegurarse de que se ha hecho correctamente. Si el mecánico ha recibido la formación adecuada y es un trabajador concienzudo, es de esperar que lo haga. Sin embargo, estos mecánicos deben estar debidamente formados en las técnicas de inspección y deben ser aprobados por el departamento de control de calidad para realizar la inspección. En el caso de las inspecciones (relacionadas con la seguridad o la aeronavegabilidad, por ejemplo) que requieren un segundo par de ojos, la segunda persona, según las normas de las JAA, también debe estar debidamente formada y aprobada por el

*departamento de control de calidad. En el caso de los elementos de inspección condicional mencionados anteriormente, en los que puede haber daños estructurales, el inspector o mecánico que realice dichas inspecciones también debe estar formado en las técnicas adecuadas (es decir, END/NDI) para la inspección en cuestión y estar aprobado por el departamento de control de calidad para realizar estas inspecciones condicionales.*

*Según las normas de las JAA, cuando no hay control de calidad, el mecánico no tiene "vía libre" para la situación. Las palabras clave utilizadas anteriormente son "debidamente formado y aprobado por QA". Esto es válido para la FAA o las JAA. En otras palabras, los requisitos son los mismos bajo las jurisdicciones de la FAA y de las JAA, sólo la terminología y los títulos utilizados son diferentes.*

#### **CUALIFICACIONES DEL INSPECTOR DE CONTROL DE CALIDAD**

*Cualquier persona que trabaje como inspector de control de calidad, ya sea dedicado o delegado, debe poseer ciertas cualificaciones. La cualificación básica para todos los inspectores es tener una licencia de mecánico válida y 2 años de experiencia laboral con esa licencia sin ninguna infracción. Deben haber completado toda la formación requerida por la compañía y la formación de la flota de aeronaves y tener conocimiento de las regulaciones, políticas y procedimientos de las aerolíneas; deben conocer el programa RII de la compañía; y deben haber completado el curso de inspector de control de calidad y haber superado el examen de control de calidad realizado por la organización de control de calidad de la aerolínea.*

*El curso de inspector debe cubrir los deberes y responsabilidades de los inspectores de control de calidad e instrucciones sobre los procedimientos y técnicas de inspección. El curso debe incluir instrucciones sobre la corrosión, su detección y su control. Las técnicas de inspección y pruebas no destructivas deben ser tratadas en la medida en que el inspector individual lo requiera para sus funciones.*

*El curso también debe incluir una revisión de los procedimientos reglamentarios y de las aerolíneas relacionados con la especialidad del inspector.*

*Una vez capacitado y aprobado para la inspección de control de calidad, el mecánico debe mantener su competencia en los métodos de inspección utilizados, las especificaciones del equipo involucrado, los métodos y procedimientos para determinar la calidad, y el uso adecuado de ayudas de inspección, herramientas y técnicas NDT/NDI aplicables.*

*La compañía aérea deberá llevar un registro del personal autorizado como inspectores de control de calidad. Su estatus, dedicado o delegado, así como los elementos que están calificados y autorizados a inspeccionar, deben ser registrados y puestos a disposición del personal regulador.*

#### **POLÍTICAS BÁSICAS DE INSPECCIÓN**

*La aerolínea debe establecer las políticas básicas de inspección que deben cumplir todos los inspectores dedicados y delegados. Las políticas más generalmente aceptadas por la industria abordan las siguientes áreas: (a) el uso del sello de un inspector para la aceptación oficial del trabajo; (b) la continuidad de la inspección a través de los límites del turno; (c) la anulación de las decisiones del inspector; (d) la Re inspección del trabajo rechazado (recompra); y (e) la inspección del propio trabajo. Cada una de ellas se analiza a continuación.*

#### **SELLO DE INSPECCIÓN**

*Todos los inspectores de control de calidad autorizados reciben un sello de inspector. Estos sellos están numerados y controlados, y cada inspector es responsable de la seguridad de su propio sello. Cuando el trabajo es realizado por un mecánico, éste lo firma en la correspondiente tarjeta de trabajo u otra documentación oficial. Si una tarea específica requiere una inspección de control de calidad, el inspector, tras revisar y aceptar el trabajo, lo aprobará sellando y rubricando la tarjeta de trabajo o la hoja de ruta. El sello debe entregarse a QA siempre que el inspector deje la empresa o deje de estar en la unidad de inspección.*

#### **CONTINUIDAD DE LA INSPECCIÓN**

*Siempre que el trabajo abarque más de un turno, la compañía aérea debe disponer de procedimientos (en el TPPM) para garantizar que la información completa y el estado del progreso del trabajo se transmiten al siguiente turno. Esta política también debe incluir la transferencia de la autoridad de inspección al siguiente turno de inspectores. En algunas aerolíneas, la tripulación original permanece en el trabajo hasta que éste se haya completado, incluso si se trata de horas extras. En otras aerolíneas, las tripulaciones trabajan en turnos de 10 a 12 horas, lo que cubre la mayoría de los trabajos. Pero los inspectores, a menudo considerados de nivel directivo, pueden trabajar sólo en turnos de 8 horas. Sea cual sea*

*el horario de los turnos, los procedimientos de la aerolínea deben identificar específicamente cómo se mantendrá la continuidad para garantizar la corrección del trabajo y de los esfuerzos de inspección.*

#### **CONTRAORDEN DE LAS DECISIONES DE LOS INSPECTORES**

*La decisión de un inspector de control de calidad de aceptar o rechazar un trabajo, o de pedir una revisión, no puede ser anulada por el mecánico o por la dirección del mecánico. Cuando un inspector de control de calidad delegado en cualquier taller o centro de trabajo está realizando una inspección, sus decisiones no pueden ser anuladas por su propio supervisor del centro de trabajo, ya que la inspección se realiza bajo la dirección de control de calidad. Los únicos que pueden anular la decisión de un inspector son el director de QC, el director de MPE o el vicepresidente de M&E. Cuando los inspectores de control de calidad dependen directamente de la dirección de control de calidad, el director o el gerente de control de calidad tienen autoridad para anular la decisión. En cualquier caso, en el que se haya anulado la decisión de un inspector, la responsabilidad de la acción recae en la aerolínea y no en el inspector o el mecánico.*

#### **POLÍTICA DE RECOMPRA**

*Cualquier discrepancia anotada por el QC durante una verificación (A, C, etc.) o en cualquier verificación al azar y cualquier trabajo rechazado por el QC durante su inspección de aceptación, debe ser re-inspeccionado por el QC después de que el retrabajo haya sido para obtener la aprobación final. Esta inspección y aprobación final se llama "recompra". Para las comprobaciones "B" e inferiores, si no hay un inspector de QC disponible, el supervisor del mecánico que realiza el trabajo tiene autoridad para la recompra.*

#### **INSPECCIÓN DEL PROPIO TRABAJO**

*Ni un mecánico ni un inspector pueden inspeccionar y aprobar su propio trabajo cuando se requieren dos firmas. Es un hecho aceptado que un mecánico cualificado y concienzudo podrá "auto inspeccionar" su propio trabajo para asegurarse de que se ha realizado correctamente. Sin embargo, si el trabajo requiere un segundo par de ojos o una segunda firma, la segunda persona no puede ser la misma que la primera.*

#### **FINALIZACIÓN DEL TRABAJO**

*Cada paquete de trabajo tiene una lista de tareas que deben completarse para que el control esté completo. La mayoría de las tareas sólo requieren la firma del mecánico para indicar su finalización. Algunas tareas requieren que un inspector de control de calidad inspeccione, apruebe y firme la tarea también. Además, el inspector superior de control de calidad asignado a la comprobación tiene la responsabilidad de comprobar que todas las tareas se han completado con éxito y se han firmado correctamente. Esto implica comprobar cada tarjeta de tarea para ver si se ha completado y firmado, asegurándose de que todo el trabajo rechazado ha sido reelaborado y aceptado, y verificando que se han abordado todos los escritos de control de calidad generados durante la comprobación. Cualquier tarea que no se haya completado, por la razón que sea, debe ser debidamente aplazada. Normalmente, una aerolínea quiere que una aeronave salga "limpia" de una revisión "A" o "C", es decir, sin aplazamientos, pero esto no siempre es posible. Una vez que todo el trabajo se ha completado y firmado (o aplazado), el inspector de control de calidad acepta el paquete de trabajo como completo, lo firma y libera la aeronave de la revisión.*

#### **OTRAS ACTIVIDADES DE CONTROL DE CALIDAD**

*Además de las actividades de inspección mencionadas anteriormente, la organización de control de calidad también es responsable de las técnicas especiales de ensayo e inspección no destructivas, de la calibración de determinadas herramientas y equipos de ensayo utilizados en el mantenimiento, y de una serie de informes especiales dirigidos a la autoridad reguladora sobre problemas de mantenimiento. A continuación, se analizará cada uno de estos aspectos.*

#### **PRUEBAS E INSPECCIONES NO DESTRUCTIVAS**

*Hay una serie de actividades especiales de prueba e inspección utilizadas en el mantenimiento que requieren el desmontaje parcial o total de los componentes y algunas que requieren otros medios que dejan la unidad probada inservible. Aunque el primer tipo puede tolerarse, el segundo no. Para evitar el desmontaje o la destrucción de los componentes, se han desarrollado varios métodos de prueba e inspección que permiten ver o conocer las condiciones de ciertos componentes y sistemas sin destruir permanentemente las piezas. Se denominan, por razones obvias, técnicas de ensayo no destructivo o de inspección no destructiva.*

*Las técnicas NDT/NDI utilizadas en el mantenimiento de aeronaves incluyen el uso de rayos X, ultrasonidos, tintes, detectores de partículas magnéticas y boroscopios. Cada una es única y tiene sus aplicaciones particulares. La*

organización de control de calidad es responsable de realizar estas pruebas e inspecciones o, en algunos casos, de capacitar a los mecánicos en el uso de estas técnicas. La Tabla 17-1 enumera estas técnicas de END/NDI y su aplicabilidad.

TABLA 17-1 Técnicas de END/NDI

X-ray	To view internal conditions of certain materials to indicate internal holes, cracks, or other problems.
Ultrasonic	Similar to x-rays but uses high-frequency sound waves. Internal aberrations will conduct the sound differently and thus generate different patterns on the monitor.
Eddy current	Eddy currents set up in various materials exhibit certain patterns. Internal cracks in materials would alter the pattern and thus show areas of weakness.
Dye penetrant	Special dyes are introduced into various flow systems. Leaks in the tubing, gaskets, connectors, etc. will be identified by leakage of the dye at the errant point.
Magnetic particle	Chip detectors strategically placed in engines to detect metal particles in the oil indicating engine wear.
Boroscope	To view the internal condition of the jet engine rotor blades, a special video probe is inserted into an access hole in the engine. The internal section of the engine then can be viewed on an external monitor while the engine fan is rotated to view all blades. <i>Caution:</i> The probe must be removed and the access hole secured before running the engine.

### CALIBRACIÓN DE HERRAMIENTAS Y EQUIPOS DE PRUEBA

Algunas herramientas de medición y equipos de prueba utilizados en el mantenimiento requieren una calibración periódica. Los estándares utilizados en Estados Unidos son los del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST). La compañía aérea debe prever la calibración de las herramientas y los equipos de prueba con estándares *in situ*, que pueden ser rastreados hasta el NIST. Los requisitos de mantenimiento consisten en utilizar únicamente aquellas herramientas y unidades de prueba que hayan sido calibradas y certificadas como utilizables. La responsabilidad de esto recae en el control de calidad, aunque normalmente se establece una instalación de laboratorio dedicada, con técnicos metrológicos especialmente cualificados, para llevar a cabo el trabajo.

Las herramientas y los equipos de prueba debidamente calibrados llevarán pegatinas de calibración que identificarán la fecha de la última calibración o la fecha en que debe realizarse. Las pegatinas también deben incluir las iniciales y el sello del laboratorio que las aprobó. Los mecánicos deben utilizar únicamente herramientas y equipos de prueba que tengan pegatinas de calibración válidas. El control de calidad y la garantía de calidad se encargarán de supervisar su cumplimiento.

Sin embargo, una pegatina de calibración válida no garantiza que la herramienta o unidad de prueba siga estando dentro de los límites calibrados. Estas unidades funcionan mal ocasionalmente y un buen mecánico debería ser capaz de detectar tales problemas. El TPPM debe detallar los procedimientos que deben utilizar los mecánicos y los técnicos para informar de una herramienta o instrumento fuera de calibración al control de calidad. El proceso de ida y vuelta al laboratorio de calibración puede ser a través de QC o de material.

### INFORMES ESPECIALES PARA LA AUTORIDAD REGULADORA

Se presenta un informe de fiabilidad mecánica (MRR)<sup>3</sup> siempre que se produzca avería o defecto de los indicados en la Tabla 17-2. El MCC notifica al QC cada vez que se produce un incidente, y el QC prepara un informe para la FAA. Dichos informes suelen presentarse cubriendo un período de 24 horas (de las 9:00 AM del lunes a las 9:00 AM del martes, por ejemplo) a la oficina de certificación de la aerolínea. El informe consiste en el tipo y el número de identificación de la aeronave; el nombre de la aerolínea; y la fecha, el número de vuelo y la etapa de vuelo en que se produjo el incidente. El informe también incluirá la naturaleza del incidente, los procedimientos de emergencia implicados (si los hay), la causa aparente, el equipo afectado, la disposición y una breve narración de cualquier otra información pertinente relacionada con el incidente. La información que no esté disponible en el momento de la presentación original deberá proporcionarse a la FAA en un informe de seguimiento cuando la información esté disponible.

Algunas herramientas de medición y equipos de prueba utilizados en el mantenimiento requieren una calibración periódica. Los estándares utilizados en Estados Unidos son los del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST).

*La aerolínea debe prever la calibración de las herramientas y equipos de prueba con estándares in situ, que pueden ser rastreados hasta el NIST. Los requisitos de mantenimiento consisten en utilizar únicamente aquellas herramientas y unidades de prueba que hayan sido calibradas y certificadas como utilizables. La responsabilidad de esto recae en el control de calidad, aunque normalmente se establece una instalación de laboratorio dedicada, con técnicos metrológicos especialmente cualificados, para llevar a cabo el trabajo.*

*Las herramientas y los equipos de prueba debidamente calibrados llevarán pegatinas de calibración que identificarán la fecha de la última calibración o la fecha en que debe realizarse. Las pegatinas también deben incluir las iniciales y el sello del laboratorio que las aprobó. Los mecánicos deben utilizar únicamente herramientas y equipos de prueba que tengan pegatinas de calibración válidas. El control de calidad y la garantía de calidad se encargarán de supervisar su cumplimiento.*

*Sin embargo, una pegatina de calibración válida no garantiza que la herramienta o unidad de prueba siga estando dentro de los límites calibrados. Estas unidades funcionan mal ocasionalmente y un buen mecánico debería ser capaz de detectar tales problemas. El TPPM debe detallar los procedimientos que deben utilizar los mecánicos y los técnicos para informar de una herramienta o instrumento fuera de calibración al control de calidad. El proceso de ida y vuelta al laboratorio de calibración puede ser a través de QC o de material.*

#### **INFORMES ESPECIALES PARA LA AUTORIDAD REGULADORA**

*Se presenta un informe de fiabilidad mecánica (MRR)3 siempre que se produzca cualquier avería o defecto de los indicados en la Tabla 17-2. El MCC notifica al QC cada vez que se produce un incidente, y el QC prepara un informe para la FAA. Dichos informes suelen presentarse cubriendo un período de 24 horas (de las 9:00 AM del lunes a las 9:00 AM del martes, por ejemplo) a la oficina de certificación de la aerolínea. El informe consiste en el tipo y el número de identificación de la aeronave; el nombre de la aerolínea; y la fecha, el número de vuelo y la etapa de vuelo en que se produjo el incidente. El informe también incluirá la naturaleza del incidente, los procedimientos de emergencia implicados (si los hay), la causa aparente, el equipo afectado, la disposición y una breve narración de cualquier otra información pertinente relacionada con el incidente. La información que no esté disponible en el momento de la presentación original debe proporcionarse a la FAA en un informe de seguimiento cuando la información esté disponible.*

**TABLA 17-2 Informes de fiabilidad mecánica**

1. *Uno o varios incendios durante el vuelo*
  - ❖ *Si el sistema de aviso de incendio relacionado funcionó correctamente o no*
  - ❖ *Si no está protegido por un sistema de aviso de incendio*
2. *Falso aviso de incendio*
3. *Sistema de escape del motor que causa daños durante el vuelo a Motor*
  - ❖ *Estructura adyacente*
  - ❖ *Componentes del equipo*
4. *Componente de la aeronave que provoca la acumulación o circulación en la cabina de la tripulación/pasajeros de*
  - ❖ *Humo*
  - ❖ *Vapores*
  - ❖ *tóxicos*
5. *Parada del motor debido a*
  - ❖ *Apagón*
  - ❖ *Ingestión de objetos extraños*
  - ❖ *Hielo*
6. *Parada del motor cuando se producen daños externos en el motor o en el avión*
7. *Parada de más de un motor*
  - ❖ *Combustible o sistema de descarga de combustible que*
  - ❖ *Provoca fugas durante el vuelo*
  - ❖ *Afecta al flujo de combustible*

8. Funcionamiento del tren de aterrizaje durante el vuelo
  - ❖ Extensión o retracción
  - ❖ Apertura o cierre de las puertas del tren de aterrizaje
9. Componentes del sistema de frenado que provoquen una pérdida de fuerza de frenado cuando el aire acondicionado esté en el suelo
10. Fallo de todos los sistemas de navegación inercial en vuelo
11. Cualquier componente o sistema del A/C que haga que la tripulación tenga que tomar medidas de emergencia
  - ❖ Descompresión de la cabina en vuelo
  - ❖ Evacuación en tierra
12. Cualquier fallo, mal funcionamiento o defecto que se produzca o se detecte en cualquier momento si la compañía aérea determina que ha puesto o puede poner en peligro el funcionamiento seguro de la aeronave.

Se presentará a la FAA un resumen de interrupción mecánica (MIS) por cada interrupción de vuelo, cambio no programado de ruta de la aeronave o cualquier parada o desvío no programado causado por dificultades mecánicas (conocidas o sospechadas) que no entran en las categorías de MRR de la

*Tabla 17-2. El informe MIS también es responsabilidad del QC con la información suministrada por el MCC.*

#### ELEMENTOS DE INSPECCIÓN NECESARIOS

Los mecánicos de toda la organización de M&E pueden estar involucrados en las RIIs, pero es responsabilidad del director o gerente de QC ver que el programa sea administrado adecuadamente. La FAA define un RII como "cualquier elemento que, si se realiza de forma incorrecta o se utilizan piezas inadecuadas, podría poner en peligro el funcionamiento seguro de la aeronave".

Esto incluiría tareas como las siguientes:

1. Instalación, aparejo o ajuste de los controles de vuelo
2. Instalación y reparación de los principales componentes estructurales
3. Instalación de motores
4. Revisión, calibración o aparejo de componentes, como motores, transmisiones, cajas de cambio y equipos de navegación

En el caso de un RII, el mecánico que realiza el trabajo debe firmar la tarea una vez completada. A continuación, un segundo par de ojos debe revisar el trabajo y firmarlo también. Este segundo par de ojos debe ser un mecánico que haya sido aprobado por el departamento de control de calidad para realizar dichas inspecciones.

La FAA no especifica qué elementos deben ser identificados como RIIs, pero requiere que la aerolínea evalúe su propio programa de trabajo e identifique los RIIs aplicables a su operación. Además de identificar las RIIs, la aerolínea también debe especificar quién en su organización o cualquier otra organización contratada está calificada y autorizada para realizar estas inspecciones.

La organización contratada está calificada y autorizada para realizar estas inspecciones. La norma FAR 121.371 es bastante específica:

- (a) Ninguna persona puede utilizar a cualquier persona para realizar las inspecciones requeridas a menos que la persona que realice la inspección esté debidamente certificada, entrenada, calificada y autorizada para hacerlo.
- (b) Ninguna persona podrá permitir que una persona realice una inspección obligatoria a menos que, en ese momento, la persona que realice dicha inspección esté bajo la supervisión y el control de una unidad de inspección.
- (c) Ninguna persona podrá realizar una inspección requerida si ha realizado el elemento de trabajo que se requiere inspeccionar.
- (d) Cada titular de un certificado mantendrá, o se asegurará de que cada persona con la que concierte la realización de sus inspecciones requeridas mantenga, una lista actualizada de las personas que han sido formadas, cualificadas y

*autorizadas para realizar las inspecciones requeridas. Las personas deberán estar identificadas por su nombre, título profesional y las inspecciones que están autorizadas a realizar.*

*El titular del certificado (o la persona con la que acuerde realizar las inspecciones requeridas) deberá proporcionar información por escrito a cada persona así autorizada, describiendo el alcance de sus responsabilidades, autoridades y limitaciones de inspección. La lista se pondrá a disposición del Administrador para que la inspeccione cuando lo solicite.*

## CAPÍTULO 18

### FIABILIDAD

#### INTRODUCCIÓN

*La fiabilidad es igual a la consistencia. Puede definirse como la probabilidad de que un elemento realice una función requerida, en condiciones especificadas sin fallos, durante un tiempo determinado de acuerdo con su diseño previsto. El programa de fiabilidad es un medio valioso para lograr un mejor rendimiento operativo en un entorno de mantenimiento de aeronaves, y está diseñado para disminuir los problemas relacionados con el mantenimiento y aumentar la seguridad del vuelo. La intención de este programa es tratar sistemáticamente los problemas a medida que surgen en lugar de tratar de curar los síntomas inmediatos. Este programa normalmente se personaliza, dependiendo de los operadores, para reflejar con precisión los requisitos específicos de la operación. Aunque la palabra fiabilidad tiene muchos significados, en este curso definiremos los términos que tienen significados especializados para el mantenimiento y la ingeniería de aviación. En el caso de la fiabilidad, primero debemos discutir una diferencia importante en la aplicación del término.*

*Hay dos enfoques principales del concepto de fiabilidad en la industria de la aviación. Uno considera esencialmente el conjunto de la operación de la aerolínea o la operación de mantenimiento e ingeniería dentro del conjunto, y el otro considera el programa de mantenimiento en particular. No hay nada malo en ninguno de estos enfoques, pero difieren un poco, y hay que entender esa diferencia.*

*El primer enfoque consiste en examinar la fiabilidad global de la compañía aérea. Ésta se mide esencialmente por la fiabilidad de los despachos, es decir, por la frecuencia con la que la compañía aérea consigue una salida puntual<sup>1</sup> de sus vuelos programados. Las aerolíneas que utilizan este enfoque hacen un seguimiento de los retrasos. Los motivos de los retrasos se clasifican en mantenimiento, operaciones de vuelo, control del tráfico aéreo (ATC), etc. y se registran en consecuencia. La organización de M&E sólo se ocupa de los retrasos causados por el mantenimiento.*

*A menudo, las compañías aéreas que utilizan este enfoque de la fiabilidad pasan por alto los problemas de mantenimiento (relacionados con el personal o los equipos) que no causan retrasos, y sólo rastrean e investigan los problemas que sí los causan. Esto sólo es parcialmente eficaz para establecer un buen programa de mantenimiento.*

*El segundo enfoque (que en realidad deberíamos llamar enfoque principal) es considerar la fiabilidad como un programa específicamente diseñado para abordar los problemas de mantenimiento -sean o no causa de retrasos y proporcionar análisis y acciones correctivas para esos elementos con el fin de mejorar la fiabilidad general del equipo. Esto contribuye a la fiabilidad del despacho, así como a la operación global.*

*Sin embargo, no vamos a pasar por alto la fiabilidad del despacho. Se trata de una parte distinta del programa de fiabilidad que tratamos en las páginas siguientes. Pero debemos hacer la distinción y entender la diferencia. También debemos darnos cuenta de que no todos los retrasos están causados por el mantenimiento o los equipos, aunque el mantenimiento sea el centro de atención durante dicho retraso. Tampoco podemos investigar únicamente los equipos, los procedimientos de mantenimiento o el personal para aquellas discrepancias que hayan causado un retraso. Como se verá en discusiones posteriores, la fiabilidad de los despachos es un subconjunto de la fiabilidad general.*

### TIPOS DE FIABILIDAD

*El término fiabilidad puede utilizarse en varios sentidos. Se puede hablar de la fiabilidad global de la actividad de una compañía aérea, de la fiabilidad de un componente o sistema, o incluso de la fiabilidad de un proceso, función o persona. Aquí, sin embargo, hablaremos de la fiabilidad en referencia al programa de mantenimiento específicamente.*

Se puede hablar de cuatro tipos de fiabilidad relacionados con la actividad de mantenimiento. Son (a) la fiabilidad estadística, (b) la fiabilidad histórica, (c) fiabilidad orientada a eventos, y (d) fiabilidad de despacho. Aunque la fiabilidad de los envíos es un caso especial de la fiabilidad orientada a eventos, la discutiremos por separado debido a su importancia.

## FIABILIDAD ESTADÍSTICA

La fiabilidad estadística se basa en la recopilación y el análisis de las tasas de fallo, eliminación y reparación de sistemas o componentes. A partir de este punto, nos referiremos a estos diversos tipos de acciones de mantenimiento como "eventos". Los índices de eventos se calculan sobre la base de eventos por 1000 horas de vuelo o eventos por 100 ciclos de vuelo. Esto normaliza el parámetro a efectos de análisis. Se pueden utilizar otros índices según convenga.

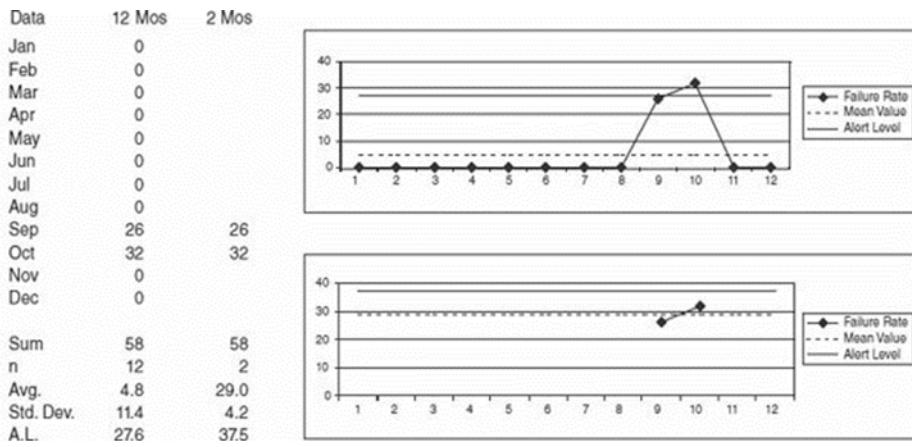


Figura 18-1 Comparación de los métodos de cálculo del nivel de alerta.

La curva superior de la Fig. 18-1 muestra los 2 puntos de datos recogidos cuando el equipo estaba en servicio. También muestra 10 puntos de datos cero para los meses en los que el equipo no se utilizó y no se recogieron datos (columna de 12 meses). Estos ceros no son puntos de datos estadísticos válidos. No representan cero fallos, sino que representan "ningún dato" y, por tanto, no deben utilizarse en el cálculo. Sin embargo, la utilización de estos datos ha generado un valor medio (línea discontinua inferior) de 4,8 y un nivel de alerta a dos desviaciones estándar por encima de la media (línea sólida superior) de 27,6.

Una cosa que hay que entender sobre las matemáticas es que las fórmulas funcionarán, producirán respuestas numéricas, tanto si los datos de entrada son correctos como si no. La basura entra, la basura sale. La cuestión es que aquí sólo hay dos puntos de datos válidos que se muestran en la curva inferior de la Fig. 18-1 (datos de dos meses). La única estadística significativa aquí es la media de los dos números, 29 (línea discontinua). Se puede calcular una desviación estándar (SD) aquí usando la fórmula apropiada o una calculadora, pero el parámetro no tiene ningún significado para sólo dos puntos de datos. El nivel de alerta establecido mediante este cálculo es de 37,5 (línea continua). Para este ejemplo concreto, la fiabilidad estadística no es utilizable, pero la fiabilidad histórica es bastante útil. Trataremos este tema en la siguiente sección.

## FIABILIDAD HISTÓRICA

La fiabilidad histórica es simplemente una comparación de las tasas de eventos actuales con las de la experiencia pasada. En el ejemplo de la Fig. 18-1, los datos recogidos muestran fallos de la flota de 26 y 32 para los 2 meses que el equipo estuvo en servicio. ¿Es esto bueno o malo? Las estadísticas no lo dirán, pero la historia sí. Mire los datos del año pasado para el mismo equipo, en el mismo período de tiempo. Utilice también los datos del año anterior, si están disponibles. Si los índices actuales se comparan favorablemente con la experiencia pasada, entonces todo está bien; si hay una diferencia significativa en los datos de un año a otro, eso sería una indicación de un posible problema. En eso consiste un programa de fiabilidad: en detectar y posteriormente resolver los problemas.

La fiabilidad histórica también puede utilizarse en otros casos. El más común es cuando se introducen nuevos equipos (componentes, sistemas, motores, aviones) y no se dispone de datos previos sobre las tasas de eventos, ni de información sobre qué tipo de tasas cabe esperar. ¿Qué es "normal" y qué constituye "un problema" para este equipo? En la fiabilidad histórica nos limitamos a recoger los datos apropiados y literalmente "ver lo que pasa". Cuando se recogen suficientes datos para determinar las "normas", el equipo puede añadirse al programa de fiabilidad estadística.

*La fiabilidad histórica también puede ser utilizada por las compañías aéreas que deseen establecer un programa de base estadística. Los datos sobre las tasas de incidentes que se mantienen durante 2 o 3 años pueden contarse o trazarse gráficamente y analizarse para determinar cuáles serían las tasas normales o aceptables (suponiendo que no se produzcan problemas significativos). A continuación, se pueden establecer directrices para su uso durante el año siguiente. Esto se tratará con más detalle en la sección del programa de fiabilidad que se incluye más adelante.*

#### **FIABILIDAD ORIENTADA A EVENTOS**

*La fiabilidad orientada a los acontecimientos se refiere a sucesos puntuales como choques con pájaros, aterrizajes bruscos, aterrizajes con sobrepeso, paradas de motor en vuelo, choques con el alumbrado, interrupciones en tierra o en vuelo y otros accidentes o incidentes. Se trata de sucesos que no ocurren a diario en las operaciones de las aerolíneas y, por tanto, no producen datos estadísticos o históricos utilizables. Sin embargo, ocurren de vez en cuando, y cada suceso debe ser investigado para determinar la causa y prevenir o reducir la posibilidad de que se repita el problema.*

*En las operaciones ETOPS2, algunos sucesos relacionados con este programa difieren de los programas de fiabilidad convencionales, y se basan en datos históricos y niveles de alerta para determinar si es necesaria una investigación para establecer si un problema puede reducirse o eliminarse cambiando el programa de mantenimiento. Los sucesos relacionados con los vuelos ETOPS son designados por la FAA como acciones a seguir por un "programa de fiabilidad orientado a los sucesos", además de cualquier programa de fiabilidad estadístico o histórico. No se investigan todos los eventos, pero todo se supervisa continuamente por si surge un problema.*

#### **FIABILIDAD DE LOS DESPACHOS**

*La fiabilidad de los despachos es una medida de la eficacia global de la operación de la aerolínea con respecto a la salida a tiempo. Recibe una atención considerable por parte de las autoridades reguladoras, así como de las aerolíneas y los pasajeros, pero en realidad no es más que una forma especial del enfoque de fiabilidad orientado a los eventos. Se trata de un cálculo sencillo basado en 100 vuelos. Esto hace que sea conveniente relacionar la tasa de despacho en porcentaje. A continuación, se presenta un ejemplo de cálculo de la tasa de despacho.*

*Si se producen ocho retrasos y cancelaciones en 200 vuelos, eso significaría que hubo cuatro retrasos por cada 100 vuelos, o un índice de retraso del 4 por ciento. Una tasa de retrasos del 4% se traduciría en una tasa de despacho del 96% (100% - 4% de retrasos = 96% de despachos a tiempo). En otras palabras, la aerolínea despachó el 96% de sus vuelos a tiempo.*

*El uso de la fiabilidad de los despachos en las aerolíneas es, a veces, malinterpretado. Los pasajeros se preocupan por la puntualidad de los despachos por razones obvias. Para responder a las presiones de la FAA sobre la tasa de despacho, las aerolíneas suelen exagerar. Algunos programas de fiabilidad de mantenimiento de las aerolíneas sólo controlan la fiabilidad de los despachos; es decir, sólo rastrean e investigan los problemas que han provocado un retraso o una cancelación de un vuelo. Pero esto es sólo una parte de un programa eficaz y la fiabilidad de los despachos implica algo más que el mantenimiento. Un ejemplo lo confirma.*

*El piloto al mando de la aeronave está a dos horas de su estación de llegada cuando experimenta un problema con los controles del timón. Anota el problema en el cuaderno de bitácora de la aeronave y lo comunica por radio a la unidad de seguimiento del vuelo en la base. Al llegar a la base, el equipo de mantenimiento se reúne con el avión y comprueba el registro en busca de discrepancias. Encuentran la anotación del control del timón y empiezan a solucionar el problema y a repararlo. La reparación tarda un poco más de lo previsto y, por tanto, provoca un retraso. Como el mantenimiento está trabajando y el timón es el problema, el retraso se imputa al mantenimiento y se investiga el sistema del timón como causa del retraso.*

*Esta es una respuesta inadecuada. ¿Causó el mantenimiento el retraso? ¿Causó el retraso el equipo del timón? ¿O el retraso fue causado por los malos procedimientos de la aerolínea? Dicho de otro modo: ¿podría un cambio en los procedimientos de la aerolínea eliminar el retraso? Consideremos los hechos tal y como sucedieron y cómo podríamos cambiarlos para mejor.*

*Si el piloto y la organización de operaciones de vuelo conocían el problema 2 horas antes del aterrizaje, ¿por qué no se informó al mismo tiempo a mantenimiento? Si hubieran sido informados, podrían haber dedicado el tiempo previo al aterrizaje a estudiar el problema y a realizar algún análisis de resolución de problemas. Es muy posible, entonces, que cuando el avión aterrizará, el personal de mantenimiento hubiera podido recibirlo con una solución en mano. Por lo tanto, este retraso podría haberse evitado con cambios en el procedimiento. El procedimiento debería modificarse para evitar estos retrasos en el futuro.*

Aunque la organización de mantenimiento y la aerolínea podrían beneficiarse de esta advertencia anticipada de los problemas, no siempre eliminará los retrasos. Lo importante es recordar que si un retraso está causado por el procedimiento, debe atribuirse al procedimiento y debe evitarse en el futuro modificando el procedimiento. En eso consiste un programa de fiabilidad: en detectar dónde están los problemas y corregirlos, independientemente de quién o qué sea el culpable.

Otra falacia al dar demasiada importancia a los retrasos en los despachos es que algunas compañías aéreas investigarán cada retraso (como deberían), pero si se trata de un problema de equipamiento, la investigación puede o no tener en cuenta otros fallos similares que no hayan causado retrasos. Por ejemplo, si durante el mes se registraron 12 problemas en el timón y sólo uno de ellos causó un retraso, en realidad hay dos problemas que investigar: (a) el retraso, que podría estar causado por problemas distintos del equipo del timón y (b) los 12 avisos sobre el timón que podrían, de hecho, estar relacionados con un problema de mantenimiento subyacente. Hay que entender que el retraso en el despacho constituye un problema y el mal funcionamiento del sistema del timón constituye otro. De hecho, pueden solaparse, pero son dos problemas diferentes. El retraso es un problema de fiabilidad orientado a los eventos que debe investigarse por sí mismo; los 12 problemas del timón (si éste constituye un alto índice de fallos) deben ser abordados por el programa de fiabilidad estadístico (o histórico). La investigación de los retrasos en los despachos debe examinar el conjunto de la operación. Los problemas de los equipos -sean o no causa de los retrasos- deben investigarse por separado.

## UN PROGRAMA DE FIABILIDAD

Un programa de fiabilidad es, en esencia, un conjunto de normas y prácticas para gestionar y controlar un programa de mantenimiento. La función principal de un programa de fiabilidad es controlar el rendimiento de los vehículos y sus equipos asociados y llamar la atención sobre cualquier necesidad de acción correctiva. El programa tiene dos funciones adicionales: (a) supervisar la eficacia de esas acciones correctivas y (b) proporcionar datos para justificar el ajuste de los intervalos de mantenimiento o de los procedimientos del programa de mantenimiento siempre que esas acciones sean apropiadas.

## ELEMENTOS DE UN PROGRAMA DE FIABILIDAD

Un buen programa de fiabilidad consta de siete elementos básicos, así como de una serie de procedimientos y funciones administrativas. Los elementos básicos (discutidos en detalle más adelante) son: (a) recolección de datos; (b) alerta de áreas problemáticas, (c) visualización de datos; (d) análisis de datos; (e) acciones correctivas; (f) análisis de seguimiento; y (g) un informe mensual. Vamos a examinar con más detalle cada uno de estos siete elementos del programa.

### RECOGIDA DE DATOS

Enumeraremos 10 tipos de datos que pueden recogerse, aunque no necesariamente sean recogidos por todas las aerolíneas. Se pueden añadir otros elementos a discreción de la aerolínea. El proceso de recogida de datos proporciona al departamento de fiabilidad la información necesaria para observar la eficacia del programa de mantenimiento. Los elementos que van bien pueden ser eliminados del programa simplemente porque los datos muestran que no hay problemas. Por otro lado, los elementos que no están siendo rastreados pueden necesitar ser añadidos al programa porque hay problemas serios relacionados con esos sistemas. Básicamente, se recogen los datos necesarios para estar al tanto de la operación. Los tipos de datos que normalmente se recogen son los siguientes

1. Tiempo de vuelo y ciclos para cada aeronave
2. Cancelaciones y retrasos de más de 15 minutos
3. Retiradas de componentes no programadas
4. Retiradas no programadas de motores
5. Paradas de motores en vuelo
6. Informes de los pilotos o anotaciones en el cuaderno de bitácora
7. Anotaciones en el cuaderno de bitácora de la cabina
8. Averías de componentes (mantenimiento en taller)
9. Conclusiones del paquete de comprobación de mantenimiento

## 10. Fallos críticos

A continuación, discutiremos cada uno de ellos en detalle.

*Tiempo y ciclos de vuelo. La mayoría de los cálculos de fiabilidad son "índices" y se basan en las horas o ciclos de vuelo; por ejemplo, 0,76 fallos por 1000 horas de vuelo o 0,15 retiradas por 100 ciclos de vuelo.*

*Cancelaciones y retrasos de más de 15 minutos. Algunos operadores recopilan datos sobre todos los eventos de este tipo, pero el mantenimiento se ocupa principalmente de los que están relacionados con el mantenimiento. Se utiliza el marco temporal de 15 minutos porque esa cantidad de tiempo puede recuperarse normalmente en vuelo. Los retrasos más prolongados pueden provocar interrupciones de la programación o la pérdida de conexiones, por lo que es necesario volver a reservar. Este parámetro suele convertirse en una "tasa de despacho" para la aerolínea, tal y como se ha comentado anteriormente.*

*Retiradas de componentes no programadas. Se trata del mantenimiento no programado mencionado anteriormente y es definitivamente una preocupación del programa de fiabilidad. La tasa de retirada de componentes de la aeronave puede variar mucho en función del equipo o sistema en cuestión. Si la tasa no es aceptable, se debe hacer una investigación y tomar algún tipo de acción correctiva. Los componentes que se retiran y sustituyen según lo previsto -por ejemplo, los elementos HT y algunos elementos OC- no se incluyen aquí, pero estos datos pueden recopilarse para ayudar a justificar un cambio en el programa de intervalos HT u OC.*

*Retiradas no programadas de motores. Se trata de lo mismo que las retiradas de componentes, pero obviamente la retirada de un motor supone una cantidad considerable de tiempo y mano de obra; por lo tanto, estos datos se contabilizan por separado.*

*Parada de motores en vuelo (IFSD). Esta avería es probablemente una de las más graves en la aviación, especialmente si el avión sólo tiene dos motores (o uno). La FAA exige un informe de IFSD en un plazo de 72 horas.<sup>3</sup> El informe debe incluir la causa y la acción correctiva. Los operadores ETOPS están obligados a hacer un seguimiento de las IFSD y a responder a los índices excesivos como parte de su autorización para volar ETOPS. Sin embargo, los operadores que no son ETOPS también tienen que informar de las paradas y también deberían hacer un seguimiento de los índices elevados y responder a ellos a través del programa de fiabilidad.*

*Informes de los pilotos o anotaciones en el cuaderno de bitácora. Se trata de averías o degradaciones en los sistemas del avión observadas por la tripulación durante el vuelo. El seguimiento suele realizarse mediante números de capítulo de la ATA que utilizan dos, cuatro o seis dígitos. Esto permite localizar los problemas a nivel de sistema, subsistema o componente, según se deseé. La experiencia dictará los niveles de seguimiento de equipos específicos.*

*Anotaciones en el cuaderno de bitácora de la cabina. Estas discrepancias pueden no ser tan serias como las que trata la tripulación de vuelo, pero la comodidad de los pasajeros y la capacidad de la tripulación de cabina para desempeñar sus funciones pueden verse afectadas. Estos puntos pueden incluir la inspección de seguridad de la cabina, la comprobación del funcionamiento de las luces de emergencia de la cabina, los botiquines de primeros auxilios y los extintores. Si se encuentra alguna anomalía, la tripulación de vuelo anota estos elementos en el diario de mantenimiento como elemento de discrepancia.*

*Fallos en los componentes. Todos los problemas encontrados durante las visitas de mantenimiento al taller se contabilizan para el programa de fiabilidad. Esto se refiere a los componentes principales de las cajas negras (aviónica) o a las piezas y componentes de los sistemas mecánicos.*

*Resultados del paquete de comprobación de mantenimiento. Los sistemas o componentes que necesitan ser reparados o ajustados durante las comprobaciones normales de mantenimiento programadas (elementos no rutinarios) son rastreados por el programa de fiabilidad.*

*Fallos críticos. Fallos que implican una pérdida de función o un daño secundario que podría tener un efecto adverso directo en la seguridad operativa.*

### DETECCIÓN DE PROBLEMAS: UN SISTEMA DE ALERTA

*El sistema de recopilación de datos permite al operador comparar el rendimiento actual con el pasado para juzgar la eficacia del mantenimiento y del programa de mantenimiento. Debe existir un sistema de alerta para identificar rápidamente las áreas en las que el rendimiento es significativamente diferente del normal. Se trata de elementos que podrían necesitar ser investigados para detectar posibles problemas. Los estándares de los índices de eventos se fijan de acuerdo con el análisis de los rendimientos pasados y las desviaciones de estos estándares.*

Este nivel de alerta se basa en un análisis estadístico de los índices de fallos del año anterior, compensado con 3 meses. Se calcula el valor medio de los índices de fallos y la desviación estándar de la media, y se establece un nivel de alerta de una a tres desviaciones estándar por encima de ese índice medio (más adelante se explica cómo establecer y ajustar los niveles de alerta). Este valor, el límite superior de control (LSC), se denomina comúnmente nivel de alerta. Sin embargo, hay un cálculo adicional que puede hacerse para suavizar la curva y ayudar a eliminar las "falsas alertas". Se trata de la media móvil de 3 meses, o línea de tendencia. La posición de estas dos líneas (la tasa mensual y la media de 3 meses) en relación con el UCL se utiliza para determinar el estado de alerta.

#### FIJACIÓN Y AJUSTE DE LOS NIVELES DE ALERTA

Se recomienda recalcular los niveles de alerta cada año. Los datos utilizados para determinar el nivel de alerta son las tasas de eventos del año anterior compensadas por 3 meses. La razón de esto se explicará en breve.

La figura 18-2 muestra los datos utilizados y los resultados en forma de gráfico. En este ejemplo, establecemos un nuevo nivel de alerta para el año comprendido entre abril de 2000 y marzo de 2001. Este nivel se representa en la Fig. 18-2 como la línea recta superior. Estos datos se obtuvieron utilizando las tasas de eventos reales de enero a diciembre de 1999 que se muestran a la izquierda de la figura. Los tres puntos de datos intermedios (mostrados como diamantes para enero a marzo de 2000 en la Fig. 18-2) se utilizarán para calcular una media móvil de 3 meses que se utilizará durante la recogida de nuevos datos. Esto se discutirá más adelante.

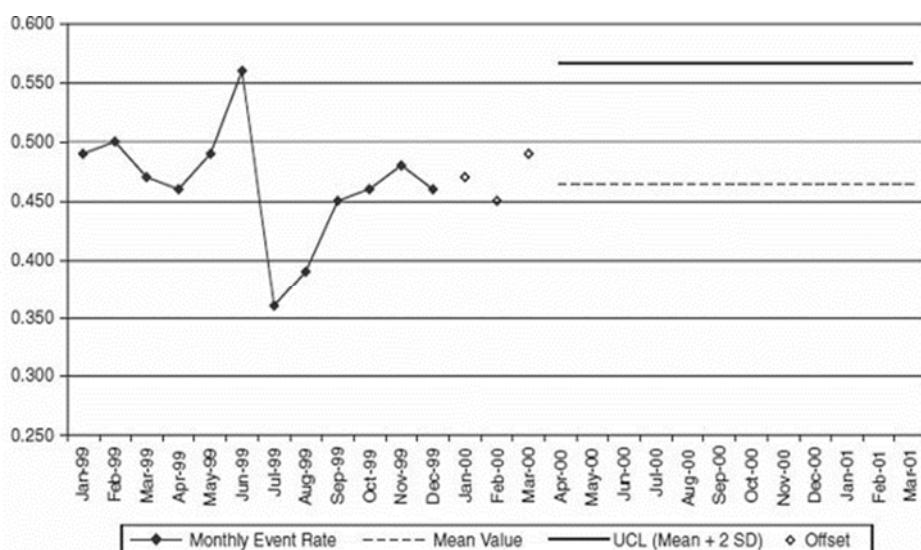


Figura 18-2 Cálculo de nuevos niveles de alerta.

Para los cálculos se utilizan estadísticas básicas. A partir de los datos originales (enero-diciembre de 1999) se calcula la media y la desviación estándar de estos puntos de datos. La media se utiliza como referencia para los nuevos datos y se muestra como línea discontinua en la parte derecha de la Fig. 18-2. La línea continua de la derecha de la Fig. 18-2 es el nivel de alerta que hemos elegido para estos datos y es igual a la media calculada más dos desviaciones estándar. Las tasas de eventos para el nuevo año, entonces, serán trazadas y medidas en relación con estas directrices.

#### LECTURA DEL ESTADO DE ALERTA

Los datos mostrados en la Fig. 18-3 muestran un año de tasas de eventos (línea dentada sólida con triángulos) junto con el valor medio (línea recta inferior) y el nivel de alerta (línea recta superior). Como se puede ver, la tasa de eventos oscila por encima del nivel de alerta varias veces a lo largo del año (febrero, junio, octubre y diciembre). Por supuesto, es fácil ver el patrón cuando al observar los sucesos del año. Pero en realidad, sólo se ve un mes a la vez y los meses precedentes. La información sobre lo que va a ocurrir el mes siguiente no está disponible para usted.

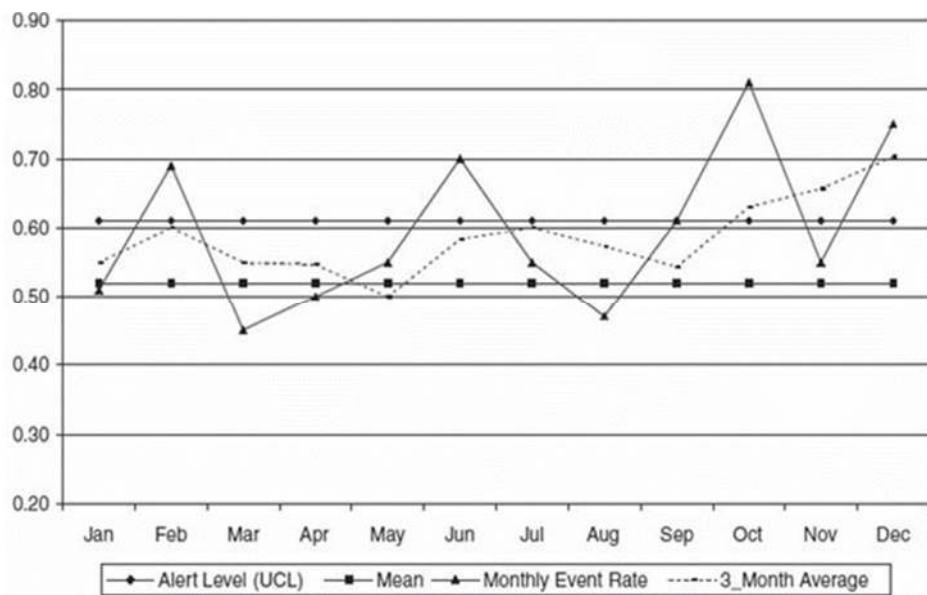


Figura 18-3 Lectura del estado de la alerta.

Cuando la tasa de eventos supera el nivel de alerta (como en febrero), no es necesariamente un asunto grave. Pero si la tasa se mantiene por encima del nivel de alerta durante 2 meses seguidos, entonces puede justificar una investigación. La investigación preliminar puede indicar una variación estacional o alguna otra causa puntual, o puede sugerir la necesidad de una investigación más detallada. En la mayoría de los casos, puede tomarse como lo que pretendía ser: una "alerta" de un posible problema. La respuesta sería esperar y ver lo que ocurre el próximo mes. En la Fig. 18-3, los datos muestran que, en el mes siguiente (marzo), la tasa se situó por debajo de la línea; por tanto, no existe ningún problema real. En otras palabras, cuando la tasa de eventos penetra en el nivel de alerta, no es una indicación de un problema; es simplemente una "alerta" de la posibilidad de un problema. Reaccionar con demasiada rapidez suele suponer un gasto innecesario de tiempo y esfuerzo en la investigación. Es lo que llamamos una "falsa alerta".

Si la experiencia muestra que la tasa de eventos para un elemento dado varía ampliamente de un mes a otro por encima y por debajo del UCL como en la Fig. 18-3 -y esto es común para algunos equipos- muchos operadores utilizan un promedio móvil de 3 meses. Esto se muestra como la línea discontinua en la Fig. 18-3. Para el primer mes del nuevo año de datos, la media de 3 meses se determina utilizando los puntos de datos desplazados en la Fig. 18-2. (En realidad, sólo se necesitan 2 meses de desplazamiento, pero nos gusta mantener las cosas sobre una base trimestral). El propósito del desplazamiento es asegurar que los datos trazados para el nuevo año no contengan ningún punto de datos que se haya utilizado para determinar la media y los niveles de alerta que utilizamos para la comparación.

Mientras que la tasa de eventos oscila por encima y por debajo del nivel de alerta, la media móvil de 3 meses (línea discontinua) se mantiene por debajo, hasta octubre. Esta condición -la tasa de eventos y la media de 3 meses por encima del UCL- indica la necesidad de vigilar la actividad más de cerca. En este ejemplo, la tasa de

eventos volvió a bajar por debajo del UCL en noviembre, pero la media de 3 meses se mantuvo por encima del nivel de alerta. Esto es una indicación de que el problema debe ser investigado.

#### FIJACIÓN DE LOS NIVELES DE ALERTA

Estos límites superiores de control, o niveles de alerta, y las matemáticas que los producen no son mágicos ni mucho menos. No te dirán cuándo tiene un problema definitivo ni te dirán dónde o qué debe investigar. Lo que sí harán es proporcionarte directrices inteligentes para que tome sus propias decisiones sobre cómo proceder. Todo el proceso comienza con su intelecto y su capacidad para establecer estos niveles de alerta a un nivel eficaz.

Anteriormente en este capítulo, hablamos de una compañía aérea que rechazaba la fiabilidad estadística y dimos un ejemplo de por qué. Otra de las razones que el señor dio para esta decisión fue que "sabemos que tenemos problemas con los motores, pero los motores nunca están en alerta". Si se utiliza el concepto de UCL para alertarte de posibles problemas y no recibes una indicación de alerta cuando sabes que tienes problemas, entonces no debería hacer falta pensar mucho para que te des cuenta de que el nivel de alerta elegido es erróneo. Este nivel de alerta es un parámetro muy importante y debe ajustarse a un nivel utilizable, un nivel que le indique que existe un problema o que puede estar desarrollándose. Si no está bien configurado, el nivel de alerta es inútil. Y eso no es culpa de las estadísticas.

Este uso de un nivel de alerta está diseñado para indicarle cuándo tiene (o puede tener) un problema en desarrollo que requiere una investigación. Pero hay que saber qué condiciones constituyen un posible problema y establecer el nivel de

alerta en consecuencia. Tiene que conocer su equipo y sus patrones de fallo para determinar cuándo debe proceder a una investigación y cuándo abstenerse de investigar. Tiene que reconocer las "falsas alertas". También tiene que saber si los puntos de datos de la tasa de eventos de un elemento concreto están distribuidos de forma amplia o estrecha; es decir, si tiene una desviación estándar grande o pequeña. Este conocimiento es vital para establecer niveles de alerta utilizables.

Muchas compañías aéreas establecen erróneamente todos los niveles de alerta a dos desviaciones estándar por encima de la media. Lamentablemente, esta no es una buena práctica. Es un buen punto de partida, pero en algunos casos debe haber un ajuste para proporcionar los datos más útiles y evitar las falsas alertas.

Como ya hemos comentado en el capítulo 1, no todo falla al mismo ritmo o con el mismo patrón. Los índices de eventos rastreados por un programa de confiabilidad pueden ser bastante erráticos, como muestran los datos de la Fig. 18-3. Para otras tasas, los números pueden ser más estables. Esta característica de los datos es representada por el parámetro estadístico de la desviación estándar - la medida de la distribución de los puntos de datos alrededor de la media. Una desviación estándar grande significa una distribución amplia, una gran variación en los valores de los puntos. Una desviación estándar pequeña significa que los puntos están más juntos.

La figura 18-4 muestra la diferencia entre dos conjuntos de datos. Los puntos de datos en (A) están muy dispersos o distribuidos alrededor de la media, mientras que los de (B) están todos muy juntos alrededor de la media. Observe que las medias de estos dos conjuntos de datos son casi iguales, pero las desviaciones estándar son muy diferentes. La figura 18-5 muestra la curva de distribución en forma de campana en forma de campana. En la gráfica se muestran una, dos y tres desviaciones estándar en cada caso. Aquí se puede ver que, a una desviación estándar, sólo se incluye el 68% de las tasas de fallo válidas. A dos desviaciones estándar por encima de la media, todavía no se han incluido todos los puntos de la distribución. De hecho, dos desviaciones estándar por encima y por debajo de la media abarcan sólo 95,5 por ciento de los puntos bajo la curva, es decir, algo más del 95 por ciento de los índices de fracaso válidos. Por eso no consideramos que una tasa de eventos en este rango sea un problema definitivo. Si se mantiene por encima de este nivel en el mes siguiente, puede sugerir un posible problema. Por otro lado, si los datos de la tasa de eventos con los que se trabaja tuvieran una pequeña desviación estándar, sería difícil distinguir entre dos y tres SD. En este caso, el nivel de alerta debería fijarse en tres DS.

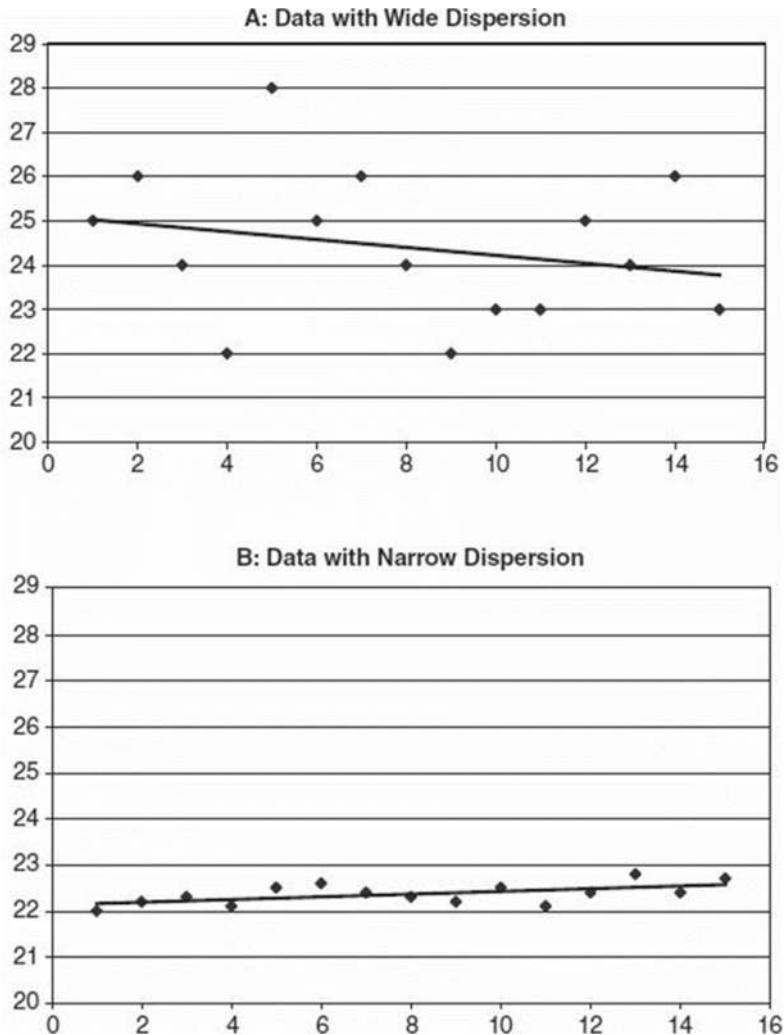


Figura 18-4 Dispersión de los puntos de datos

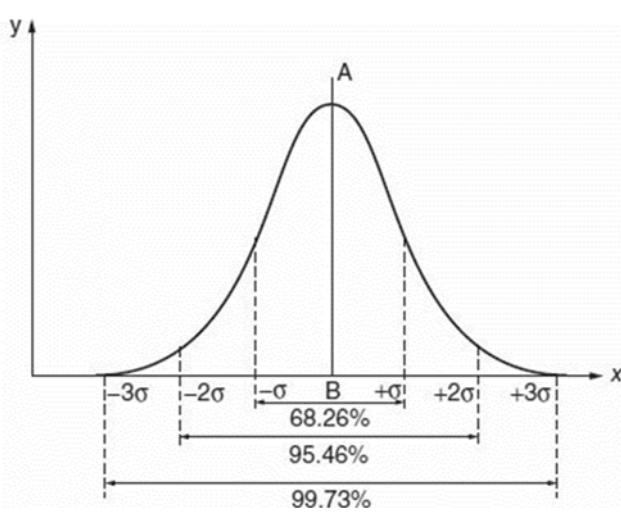


Figura 18-5 Curva estándar en forma de campana. (Fuente: *The Standard Handbook for Aeronautical and Astronautical Engineers*, Nueva York, NY: McGraw-Hill, 2003).

Este sistema de niveles de alerta puede ser exagerado en ocasiones. Las estadísticas utilizadas no son exactas. Suponemos que las tasas de eventos siempre tendrán una distribución representada por la curva en forma de campana. Suponemos que nuestros datos son siempre exactos y que nuestros cálculos son siempre correctos. Pero esto puede no ser cierto. Estos niveles de alerta no son más que directrices para identificar lo que debe investigarse y lo que puede tolerarse. El uso del nivel de alerta no es una ciencia de cohetes, pero ayuda a aliviar la carga de trabajo en organizaciones con grandes flotas y personal de fiabilidad reducido. Algunas compañías aéreas, utilizando sólo los índices de eventos, investigarán quizás los 10 índices más altos; pero esto no siempre incluye los problemas más importantes o más significativos de los equipos. El enfoque del nivel de alerta permite priorizar estos problemas y trabajar primero los más importantes.

#### VISUALIZACIÓN DE DATOS

El departamento de fiabilidad utiliza varios métodos de visualización de datos para estudiar y analizar los datos que recoge. La mayoría de los operadores disponen de ordenadores personales para poder visualizar fácilmente los datos en forma de tablas y gráficos. Los datos se presentan en forma de sucesos por cada 100 o 1000 horas de vuelo o ciclos de vuelo. Algunos, como los retrasos y las cancelaciones, se presentan como eventos por cada 100 salidas. El valor de 100 permite traducir fácilmente la tasa en un porcentaje.

Los datos tabulares permiten al operador comparar los índices de eventos con otros datos de la misma hoja. También permite la comparación de datos trimestrales o anuales (véase el cuadro 18-1). Los gráficos, en cambio, permiten al operador ver el rendimiento mes a mes y anotar, con mayor facilidad, aquellos elementos que muestran índices crecientes y parecen dirigirse al estado de alerta (véase la Fig. 18-3). Esto es una gran ayuda para el análisis. Algunos de los datos recogidos pueden compararse mensualmente, por evento o por muestreo.

ATA Chapter	System	PIREPS	June-99	July-99	August-99	Three-month average	UCL	Mean	Alert status
21	Air conditioning	114	3.65	3.77	3.80	3.74	3.75	2.70	YE
22	Auto flight	43	1.80	1.48	1.45	1.58	1.39	1.21	WA
23	Communications	69	3.44	2.75	2.33	2.84	2.80	2.30	CL
24	Electrical power	29	1.15	0.87	0.98	1.00	0.94	0.60	AL
25	Equip/furnishings	104	4.17	3.69	3.52	3.79	5.43	4.38	
26	Fire protection	30	1.80	1.30	1.01	1.37	2.19	1.14	
27	Flight controls	48	0.99	3.07	1.62	1.89	1.94	1.26	
28	Fuel	36	0.65	1.16	1.22	1.01	2.32	1.27	
29	Hydraulic power	17	0.73	0.43	0.57	0.58	1.58	0.82	
30	Ice & rain protection	12	0.61	0.65	0.41	0.56	0.72	0.56	
31	Instruments	49	1.76	1.48	1.66	1.63	2.46	1.66	
32	Landing gear	67	2.41	2.06	2.27	2.25	2.72	1.76	
33	Lights	72	3.48	3.15	2.43	3.02	3.32	2.42	
34	Navigation	114	4.81	6.62	3.85	5.09	5.58	4.70	
35	Oxygen	19	0.31	0.67	0.64	0.54	0.41	0.23	YE
36	Pneumatics	25	1.11	0.80	0.85	0.92	1.19	0.77	
38	Water & waste	16	0.42	0.36	0.54	0.44	1.10	0.56	
49	Aux. power	42	1.41	1.48	1.42	1.44	1.63	1.38	
51	Structures	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.09	
52	Doors	31	1.41	1.05	1.05	1.17	1.62	0.92	
53	Fuselage	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.02	
54	Nacelles & pylons	1	0.00	0.00	0.08	0.03	0.22	0.10	
55	Stabilizers	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.09	
56	Windows	0	0.00	0.04	0.00	0.01	0.09	0.06	
57	Wings	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.15	
71	Power plant	11	0.65	0.54	0.37	0.52	1.30	0.91	
72	Engine	4	0.31	0.29	0.14	0.25	0.47	0.22	
73	Fuel & controls	17	0.96	0.47	0.57	0.67	0.84	0.61	
74	Ignition	11	0.08	0.40	0.37	0.28	0.46	0.30	
75	Air	53	1.52	1.63	1.79	1.65	1.11	0.66	RA
76	Engine control	3	0.23	0.14	0.10	0.16	0.33	0.15	
77	Engine indicating	22	0.53	0.76	0.74	0.68	0.96	0.68	
78	Exhaust	3	0.50	0.43	0.10	0.34	0.90	0.64	
79	Oil	5	0.19	0.22	0.17	0.19	0.83	0.48	
80	Starting	3	0.27	0.29	0.10	0.22	0.28	0.17	CL
Total		1070							

TABLA 18-1 Informes de pilotos por cada 100 aterrizajes (por capítulo de la ATA)

NOTA: Códigos de estado de alerta: CL = libre de alerta; YE = alerta amarilla; AL = alerta roja; RA = permanece en alerta; WA = vigilancia.

La Tabla 18-1 es un listado de los informes de los pilotos (PIREPS) o de las anotaciones en el cuaderno de mantenimiento registradas por una aerolínea típica durante un mes de operación para una flota de aeronaves. Los números son sólo ejemplos y no representan a ningún operador, aeronave o tamaño de flota en particular. Para estos datos, el capítulo de la ATA lleva un recuento y los índices de eventos se calculan como PIREPS por cada 100 aterrizajes. El gráfico muestra los datos del mes en curso (agosto de 1999) y de los dos meses anteriores, así como la media móvil de tres meses. También se incluyen el nivel de alerta o UCL y el valor medio de la tasa de incidentes, calculados como se indica en el texto.

También se incluye el nivel de alerta o UCL y el valor medio de la tasa de eventos, calculados como se indica en el texto. Siete de estos capítulos de la ATA tienen indicaciones de alerta señaladas en la última columna.

El capítulo 21 ha tenido una tasa de eventos superior al UCL durante dos meses consecutivos (julio y agosto); por lo tanto, esto representa una alerta amarilla (YE). Dependiendo de la gravedad del problema, esto puede requerir o no una investigación inmediata. El capítulo 24, sin embargo, es diferente. En julio, la tasa de eventos fue alta, 1.15. Si fuera la primera vez que se produce una tasa de este tipo, se habría incluido en el informe de ese mes como una vigilancia (WA). La tasa bajó en julio pero ha vuelto a subir en agosto. En el informe actual, por tanto, es una condición de alerta total. No sólo está por encima del nivel de alerta, sino que ha estado por encima 2 de los 3 meses, y parece algo errático. Se deja como ejercicio para el estudiante el analizar los demás estados de alerta. ¿Qué pasa con el capítulo 38 de ATA?

## ANÁLISIS DE DATOS

Siempre que un elemento pasa al estado de alerta, el departamento de fiabilidad realiza un análisis preliminar para determinar si la alerta es válida. Si es válida, se envía un aviso de la condición de alerta a ingeniería para un análisis más detallado. El departamento de ingeniería está formado por personas experimentadas que conocen el mantenimiento y la ingeniería. Su trabajo en relación con estas alertas es solucionar el problema, determinar la acción necesaria para corregirlo y emitir una orden de ingeniería (OE) u otra documentación oficial que ponga en marcha esta solución.

Al principio, esto puede parecer un trabajo de mantenimiento. Al fin y al cabo, la resolución de problemas y las medidas correctivas son su trabajo. Pero debemos mantener nuestra filosofía básica del capítulo 7 de separar a los inspectores de los inspeccionados. La ingeniería puede proporcionar un análisis del problema libre de cualquier sesgo de la unidad y tener la libertad de examinar todas las posibilidades. Una unidad que examine sus propios procesos, procedimientos y personal puede no ser tan objetiva. El departamento de ingeniería debe proporcionar el análisis y las recomendaciones

de acciones correctivas a la Junta de Revisión del Programa de Mantenimiento de la aerolínea (que se discute más adelante) para su aprobación e iniciación.

Nota: En el Apéndice C se analiza el proceso de resolución de problemas que se aplica tanto a los ingenieros como a los mecánicos; y en el Apéndice D se describen procedimientos adicionales para los esfuerzos de análisis de alertas de fiabilidad y de ingeniería.

## ACCIONES CORRECTIVAS

Las acciones correctivas pueden variar desde esfuerzos puntuales para corregir una deficiencia en un procedimiento hasta el reentrenamiento de los mecánicos o cambios en el programa básico de mantenimiento. La investigación de estas condiciones de alerta suele dar lugar a una o más de las siguientes acciones (a) modificaciones de los equipos; (b) cambio o corrección de los procesos o prácticas de la línea, el hangar o el taller; (c) eliminación de las piezas defectuosas (o de sus proveedores); (d) formación de los mecánicos (actualización o perfeccionamiento); (e) adición de tareas de mantenimiento al programa; o (f) disminución de los intervalos de mantenimiento de determinadas tareas. A continuación, Ingeniería elabora una orden de ingeniería para la aplicación de la acción que corresponda. El departamento de ingeniería también hace un seguimiento del progreso de la orden y ofrece asistencia si es necesario. La finalización de la acción correctiva

se anota en el informe mensual de fiabilidad (del que hablaremos más adelante). El seguimiento continuo por parte de fiabilidad determina la eficacia de la acción correctiva seleccionada.

Las acciones correctivas deben completarse en el plazo de un mes desde la emisión de la OE. La finalización puede aplazarse si las circunstancias lo justifican, pero la acción debe completarse lo antes posible para que el programa sea efectivo. Normalmente, la Junta de Revisión del Programa de Mantenimiento (MPRB) exigirá una justificación por escrito para las prórrogas de este período; el aplazamiento, y el motivo del mismo, se anotarán en el informe mensual.

## ANÁLISIS DE SEGUIMIENTO

El departamento de fiabilidad debe hacer un seguimiento de todas las medidas adoptadas en relación con los elementos en alerta para verificar que las medidas correctivas adoptadas han sido realmente eficaces. Esto debería reflejarse en la disminución de la tasa de eventos. Si el índice de incidencias no mejora tras la adopción de medidas, se vuelve a emitir la alerta y se repite el proceso de investigación y acción correctiva, con un enfoque diferente del problema por parte de la ingeniería. Si la acción correctiva implica largas modificaciones en numerosos vehículos, la reducción de la tasa de incidentes puede no ser perceptible durante algún tiempo. En estos casos, es importante seguir supervisando el progreso de la acción correctiva en el informe mensual junto con el índice de incidencias en curso hasta que se complete la acción correctiva en todos los vehículos. Entonces se emplea la observación de seguimiento para juzgar la eficacia (acierto) de la acción. Si no se observa ningún cambio significativo en los índices en un tiempo razonable después de que se haya completado una parte de la flota, el problema y la acción correctiva deben volver a analizarse.

## INFORMES DE DATOS

Se emite un informe de fiabilidad mensualmente. Algunas organizaciones emiten informes trimestrales y anuales en formato de resumen. Sin embargo, el informe más útil es el mensual. Este informe no debe contener una cantidad excesiva de datos y gráficos sin una buena explicación de lo que esta información significa para la compañía aérea y para el lector del informe. El informe debe concentrarse en los elementos que acaban de entrar en alerta, en los que se están investigando y en los que están en proceso de acción correctiva o lo han completado. El progreso de cualquier elemento que aún esté siendo analizado o implementado también se anotará en el informe, mostrando el estado de la acción y el porcentaje de la flota completado, si procede. Estos elementos deben permanecer en el informe mensual hasta que se hayan completado todas las acciones y los datos de fiabilidad muestren resultados positivos.

También se incluirá en el informe mensual otra información, como una lista de niveles de alerta (por capítulo de la ATA o por elemento) e información general sobre la fiabilidad de la flota. También se incluirán elementos como los índices de envío, los motivos de los retrasos y/o las cancelaciones, las horas de vuelo y los ciclos volados y cualquier cambio significativo en la operación que afecte a la actividad de mantenimiento. El informe debería estar organizado por flota; es decir, cada modelo de avión se trataría en una sección separada del informe.

## EL INFORME MENSUAL DE FIABILIDAD NO ES SÓLO UNA COLECCIÓN DE GRÁFICOS, TABLAS

y números diseñados para deslumbrar a los altos cargos. Tampoco es un documento que se deja en la puerta de otros, como el control de calidad o la FAA, para ver si pueden detectar cualquier problema que pueda tener. Este informe mensual es una herramienta de trabajo para la gestión del mantenimiento. Además de proporcionar estadísticas de

funcionamiento, como el número de aeronaves en funcionamiento, el número de horas de vuelo, etc., también proporciona a la dirección una imagen de los problemas que se encuentran (si los hay) y de lo que se está haciendo con esos problemas. También hace un seguimiento del progreso y la eficacia de las medidas correctoras. La responsabilidad de redactar el informe recae en el departamento de fiabilidad, no en el de ingeniería.

#### OTRAS FUNCIONES DEL PROGRAMA DE FIABILIDAD

La investigación de los elementos de alerta por parte de ingeniería suele dar lugar a la necesidad de cambiar el programa de mantenimiento. Esto puede significar (a) cambios en tareas específicas; (b) ajustes en el intervalo en el que se realizan las tareas de mantenimiento; o (c) cambios en los procesos de mantenimiento (HT, OC y CM) a los que se asignan los componentes. Un cambio en la tarea puede significar la reescritura de los procedimientos de mantenimiento y/o pruebas o en la implementación de nuevos procedimientos más eficaces.

Los ajustes en el intervalo de mantenimiento pueden ser una solución a un problema determinado. Una acción de mantenimiento que actualmente se realiza, por ejemplo, con un intervalo mensual, debería, de hecho, realizarse semanalmente o incluso diariamente para reducir la tasa de eventos. El programa de fiabilidad debe proporcionar las normas y procesos utilizados para ajustar estos intervalos. La MPRB debe aprobar estos cambios y, en algunos casos, también la autoridad reguladora. Sin embargo, en general, el cambio a una mayor frecuencia (intervalo más corto) no es difícil. Hay que tener en cuenta, sin embargo, que esto supone un mayor coste de mantenimiento debido al aumento de la actividad de mantenimiento. Este coste debe compensarse con la reducción de la tasa de eventos que generó el cambio y con la reducción de las necesidades de mantenimiento derivadas del mismo. La economía de este cambio es una de las preocupaciones que la ingeniería debe abordar durante la investigación de la condición de alerta. El coste del cambio puede ser compensado o no por la ganancia de fiabilidad o rendimiento (véase el objetivo 5 del capítulo 3).

#### Administración y gestión del programa de fiabilidad

En cuanto a la administración y gestión, un programa de fiabilidad incluirá procedimientos escritos para cambiar las tareas del programa de mantenimiento, así como procesos y procedimientos para cambiar los intervalos de mantenimiento (aumentándolos o disminuyéndolos). La identificación, el cálculo, el establecimiento y el ajuste de los niveles de alerta y la determinación de los datos que se deben seguir son funciones básicas de la sección de fiabilidad. La recogida de datos es responsabilidad de varias organizaciones de M&E, como el mantenimiento de línea (horas y ciclos de vuelo, informes de los diarios, etc.); los talleres de revisión (retirada de componentes); el hangar (paquetes de comprobación); y el material (uso de piezas). Algunas compañías aéreas utilizan una unidad central de recogida de datos para esto, situada en la administración de M&E, o en alguna otra unidad como ingeniería o fiabilidad. Otras aerolíneas tienen disposiciones para que las unidades de origen proporcionen datos al departamento de fiabilidad en papel o a través del sistema informático de la aerolínea. En cualquier caso, el departamento de fiabilidad es responsable de recoger, cotejar y mostrar estos datos y de realizar el análisis preliminar para determinar el estado de alerta.

El analista del departamento de fiabilidad, junto con el MCC, vigila la flota de aviones y sus sistemas para detectar cualquier discrepancia de mantenimiento que se repita. El analista revisa diariamente los informes y elementos de fiabilidad, incluyendo el mantenimiento diario de las aeronaves, los elementos de mantenimiento diferido en el tiempo, la MEL y otros eventos fuera de servicio con cualquier tipo de discrepancias mecánicas repetidas.

El analista planifica una secuencia de procedimientos de reparación si la aeronave ha repetido la discrepancia de mantenimiento tres veces o más y ha agotado cualquier tipo de arreglo para librarse de la discrepancia de mantenimiento. El analista suele estar en contacto con el MCC y la dirección local de mantenimiento de la aeronave para coordinar un plan de ataque con el servicio de asistencia de mantenimiento del fabricante de la aeronave para garantizar el seguimiento y la documentación adecuados de la discrepancia de mantenimiento real y la acción correctiva planificada o el mantenimiento realizado. Este tipo de comunicación son necesarias para que las aerolíneas lleven a cabo una operación de mantenimiento con éxito y para mantener el tiempo de inactividad del mantenimiento de la aeronave al mínimo. Esto ocurre normalmente cuando se añade un nuevo tipo de avión a la flota de la aerolínea. A veces el mantenimiento necesita ayuda para solucionar un problema recurrente.

#### JUNTA DE REVISIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

La solución de los problemas de fiabilidad no es dominio exclusivo de la sección de fiabilidad o de la sección de ingeniería; es una función de toda la organización de mantenimiento e ingeniería. Este enfoque de grupo garantiza que todos los

aspectos del problema han sido tratados por quienes están más familiarizados con la situación. Por lo tanto, la supervisión del programa se asigna a un MPRB que está formado por personal clave de M&E. Basándose en la organización típica del capítulo 7, el ORPM estaría formado por el siguiente personal:

1. El director de MPE como presidente
2. Miembros permanentes
  - a. Director de los servicios técnicos
  - b. Director de mantenimiento de aeronaves
  - c. Director de los talleres de revisión
  - d. Director de control de calidad y de control de calidad
  - e. Director de QA y QC
  - f. Director de ingeniería
  - g. Responsable de fiabilidad
3. Los miembros adjuntos son representantes de los departamentos de M&E afectados
  - a. Supervisores de ingeniería (por capítulo o especialidad de la ATA)
  - b. Mantenimiento de aviones (línea, hangar)
  - c. Talleres de revisión (aviónica, hidráulica, etc.)
  - d. Planificación y control de la producción
  - e. Material
  - f. Formación

#### **EL JEFE DE MPE ES QUIEN TRATA DIRECTAMENTE CON LA AUTORIDAD REGULADORA**

autoridad reguladora, por lo que, como presidente del MPRB, coordinaría cualquier cambio recomendado que requiera la aprobación de la normativa.

El MPRB se reúne mensualmente para discutir el estado general de la fiabilidad del mantenimiento y para discutir todos los puntos que están en alerta. Los miembros permanentes, o sus asistentes designados, asisten a todas las reuniones; los miembros consultivos asisten a las reuniones en las que se debaten los temas relacionados con sus actividades. Los elementos que entran en estado de alerta en el último mes se discuten en primer lugar para determinar si es necesaria una investigación detallada por parte de ingeniería. Se pueden ofrecer posibles problemas y soluciones. Si el departamento de ingeniería está investigando o ha completado la investigación de ciertos problemas, éstos se discutirán con los miembros de la MPRB. A continuación, se discuten los elementos que están en marcha para seguir y analizar su estado y evaluar la eficacia de las medidas correctoras. Si alguna de las acciones correctivas en curso implica una aplicación a largo plazo, como las modificaciones de la flota que deben realizarse en el intervalo de comprobación "C", deberá estudiarse el progreso y la eficacia de la acción correctiva para determinar (si es posible) si la acción elegida parece ser eficaz o no. Si no lo fuera, se debatiría un nuevo enfoque y se aplicaría posteriormente mediante una revisión de la orden de ingeniería original.

Otras actividades de la MPRB incluyen el establecimiento de niveles de alerta y el ajuste de estos niveles según sea necesario para una gestión eficaz de los problemas. Las normas que rigen el programa de fiabilidad se elaboran con la aprobación de la MPRB. Las normas relativas a la modificación de los intervalos de mantenimiento, los niveles de alerta y todas las demás acciones contempladas en el programa deben ser aprobadas por la MPRB. Las acciones correctivas y las subsiguientes OE desarrolladas por el departamento de ingeniería también son aprobadas por la MPRB antes de ser emitidas.

#### **DOCUMENTO DEL PROGRAMA DE FIABILIDAD**

El Consejo de Revisión de Mantenimiento (MRB), derivado de la Circular Consultiva AC 121-22B de la FAA, proporciona directrices para que la industria de la aviación utilice los requisitos de intervalos/tareas mínimas programadas para las aeronaves derivadas y/o de nueva certificación de tipo y sus plantas de energía para la aprobación de la FAA. aprobación

de la FAA. El AC 121-22B también se refiere a los requisitos de intervalo programado como Informe del Consejo de Revisión de Mantenimiento (MRBR). Después de recibir la aprobación de la FAA, un operador puede generar o desarrollar su propio programa de mantenimiento para su tipo particular de flota. La compañía aérea puede utilizar las disposiciones de esta AC junto con su propia información de mantenimiento u otra para estandarizar, desarrollar, implementar y actualizar el programa mínimo de mantenimiento y/o los requisitos de inspección aprobados por la FAA para que este programa se convierta en un informe escrito final para cada tipo de titular de certificado.

La revisión del MRB emitida por el fabricante se envía al director de mantenimiento de la flota (FMM) o a una persona de mantenimiento asignada por la compañía aérea. En algunos casos, se trata del director de mantenimiento (DOM). El FMM/DOM interactúa con el departamento de mantenimiento y producción de la aeronave para informarles sobre las actualizaciones y revisiones del programa MRB. La compañía aérea suele hacer un seguimiento de cada revisión por tipo de flota para asegurarse de que se ha recomendado el plan de acción correctiva para que el departamento de producción de mantenimiento cumpla con la normativa. El MRB se ejecuta al mismo tiempo que el sistema de análisis y vigilancia continuos (CASS) y el mantenimiento centrado en la fiabilidad (RCM) y se aplica utilizando el sistema MSG-3 del grupo de dirección de mantenimiento. El origen del MSG-3 está asociado a la Asociación de Transporte Aéreo de América (ATA). El sistema de codificación de la ATA (detallado en el capítulo 5) divide las aeronaves en distintas unidades ATA, y cada unidad ATA se analiza con fines normativos para entender los resultados obtenidos del sistema y luego se transmite a un grupo directivo/comité de la industria de la aviación. Una vez que los datos han sido revisados por el comité directivo y aprobados por el consejo regulador del MRB, los resultados se publican como parte del manual de mantenimiento de aeronaves.

Este documento también incluye una discusión detallada de la recopilación de datos, la investigación del problema, la implementación de acciones correctivas y las acciones de seguimiento. También incluye una explicación de los métodos utilizados para determinar los niveles de alerta; las normas relativas a la modificación del proceso de mantenimiento (HT, OC, CM), o los intervalos de las tareas MPD; cuándo iniciar una investigación; las definiciones de las actividades y responsabilidades de la MPRB; y el formato del informe mensual.

El documento también incluye elementos administrativos como la responsabilidad del documento, el estado de revisión, una lista de distribución y las firmas de aprobación.

El documento del programa de fiabilidad es un documento de control y, por tanto, contiene una hoja de estado de revisión y una lista de páginas efectivas, y tiene una distribución limitada dentro de la aerolínea. Suele ser un documento independiente, pero puede incluirse como parte del TPPM.

## INTERACCIÓN CON LA FAA

En Estados Unidos es habitual invitar a la FAA a participar en las reuniones del MPRB como miembro sin derecho a voto. (En cierto sentido, tienen su propio poder de voto.) Dado que cada aerolínea estadounidense tiene un inspector principal de mantenimiento (PMI) asignado y normalmente *in situ*, es conveniente que la FAA asista a estas reuniones. A las aerolíneas de fuera de Estados Unidos que no tienen el representante *in situ* en cada aerolínea puede no resultarles tan fácil cumplir. Pero la invitación debe extenderse de todos modos. Esto permite a la autoridad reguladora saber que la aerolínea está atendiendo sus problemas de mantenimiento de forma ordenada y sistemática y da a los responsables de la regulación la oportunidad de proporcionar cualquier ayuda que pueda ser necesaria.

1. Salir a tiempo significa que la aeronave ha sido "apartada" de la puerta de embarque dentro de los 15 minutos de la hora de salida programada.
2. Los requisitos para las operaciones de rango extendido con aviones bimotores (ETOPS) se describen en la Circular Consultiva de la FAA AC 120-42B, y también se discuten en el Apéndice E de este curso.
3. Véase la Regulación Federal de Aviación 121.703, Informe de Fiabilidad Mecánica.

## CAPÍTULO 19

### SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

#### SEGURIDAD INDUSTRIAL

*El Código de Reglamentos Federales, Título 29, Parte 1910, trata de la seguridad industrial (29 CFR 1910). Su título es "Normas de Seguridad y Salud Ocupacional" y forma parte de las regulaciones del Gobierno de los Estados Unidos para el Departamento de Trabajo (DOL). La agencia dentro del DOL responsable de hacer cumplir estas regulaciones es la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA). La aviación no se aborda específicamente en estas regulaciones de la OSHA, pero todos los aspectos de la actividad de mantenimiento de la aviación (así como las operaciones de vuelo, la oficina y las actividades de la terminal) están cubiertos. La Tabla 19-1 enumera las subpartes de la Parte 1910 a partir de enero de 2003. Corresponde a la propia industria de la aviación averiguar las partes y subpartes del 29 CFR 1910 que se aplican a los asuntos y materiales de la aviación y adaptar los requisitos directamente a esas actividades de la aerolínea.*

Subpart	Title
A	General
B	Adoption and extension of established federal standards
D	Walking-working surfaces
E	Means of egress
F	Powered platforms, man-lifts, and vehicle-mounted work platforms
G	Occupational health and environmental control (ventilation, noise, nonionizing radiation)
H	Hazardous materials
I	Personal protective equipment
J	General environmental controls (sanitation, lockout/tagout, marking of hazards)
K	Medical and first aid
L	Fire protection
M	Compressed gas and compressed air equipment
N	Materials handling and storage
O	Machinery and machine guarding
P	Hand and portable power tools and other hand-held equipment
Q	Welding, cutting, and brazing
R	Special industries (pulp, paper, textiles, etc.)
S	Electrical
T	Commercial diving operations

*TABLA 19-1 Normas de seguridad y salud en el trabajo*

#### *NORMAS DE SEGURIDAD*

*La norma federal de comunicación de riesgos (FHC), 29 CFR 1910.1200, exige que la dirección proporcione información sobre los riesgos químicos en el trabajo a todos los empleados. Esto se convierte en parte del programa de seguridad de la compañía a través de la distribución de hojas de datos de seguridad de materiales (MSDS). Estas hojas de datos son generadas por el fabricante del producto químico e identifican los peligros, las precauciones y las instrucciones de primeros auxilios relativas al uso del producto químico. Los responsables de seguridad de la aerolínea deben poner las hojas de datos de seguridad adecuadas a disposición de cualquier persona que pueda utilizar o entrar en contacto con el producto químico. La compañía aérea puede añadir cualquier información adicional a la MSDS que sea necesaria para aclarar el uso del producto químico, así como proporcionar información sobre la notificación de incidentes y peligros. La MSDS del fabricante es general y trata del producto químico; las adiciones de la aerolínea a la MSDS abordan preocupaciones y procedimientos específicos de la aerolínea.*

*Los riesgos físicos, como el ruido, las radiaciones ionizantes, las radiaciones no ionizantes y las temperaturas extremas, por ejemplo, se rigen por otras partes del 29 CFR 1910 y también deben abordarse en el programa de seguridad de la compañía aérea. Este programa debe prever la disponibilidad, la formación y el uso de equipos de protección, medidas de seguridad y procesos de seguridad.*

*La postura, la fuerza, la vibración y el estrés mecánico son peligros comunes a los que están sometidos los trabajadores en todas las áreas de trabajo. La cantidad y el tipo de exposición, por supuesto, varía según el trabajo que se realice. El programa de seguridad de la compañía aérea debe abordar las necesidades específicas de cada puesto de trabajo.*

*Los virus, las bacterias, los hongos y otras sustancias que pueden causar enfermedades están incluidos en la normativa. Estos riesgos biológicos entran en la clasificación de salud y también varían según el tipo de trabajo que se realice y otras condiciones del entorno laboral.*

*Muchos de estos requisitos de seguridad y salud ya se abordan en los documentos y reglamentos del sector de la aviación. Los manuales de mantenimiento de los fabricantes de aviones, por ejemplo, suelen contemplar aspectos de seguridad relacionados con la realización de las tareas de mantenimiento, como el uso de arneses de seguridad, la utilización de ropa y equipos de protección, la manipulación adecuada de materiales peligrosos y el bloqueo y etiquetado de*

determinados equipos eléctricos y mecánicos para evitar su funcionamiento involuntario o accidentes posteriores mientras las personas trabajan en dichos sistemas o cerca de ellos. Las especificaciones de operaciones de la compañía aérea pueden identificar otros requisitos de seguridad. El TPPM, por supuesto, debe contener un resumen de todo el programa de seguridad de mantenimiento, y el gerente de seguridad debe supervisar todos los aspectos del programa para garantizar el cumplimiento de los requisitos de la OSHA. Este cumplimiento, por supuesto, forma parte de las responsabilidades de la auditoría de control de calidad, pero debido a su naturaleza especial, la seguridad se establece como una función separada para supervisar estas actividades.

#### PROGRAMA DE SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

La norma FAR 119.65 identifica, pero no define, los puestos básicos necesarios para operar una aerolínea. Aunque ciertos puestos se consideran necesarios, el titular del certificado determinará los títulos reales así como el nivel del cargo dentro de la estructura. El párrafo (d) de la sección 119.65 dice que el titular del certificado definirá las "obligaciones, responsabilidades y autoridad "1 de todos los puestos de la organización. La persona encargada de la seguridad es responsable del programa de seguridad general de la aerolínea. Puede haber responsables del programa de seguridad por separado para las operaciones de vuelo, el mantenimiento y las demás funciones administrativas y de gestión de la aerolínea. Uno de ellos puede ser el coordinador de los otros, pero los individuos tendrán responsabilidades en sus propias áreas de trabajo. En nuestra típica aerolínea de tamaño medio (ver Fig. 7-1) hemos identificado el programa de seguridad de mantenimiento dentro de la dirección de MPE con las otras funciones de supervisión de mantenimiento.

El responsable del programa de seguridad de mantenimiento tiene las siguientes responsabilidades principales

1. Identificar y evaluar todos los peligros para la salud y la seguridad dentro de las distintas áreas de trabajo de M&E
2. Determinar las medidas de protección necesarias para las condiciones peligrosas y asegurar que la ropa y el equipo de protección estén disponibles para los trabajadores según sea necesario
3. Poner a disposición de los trabajadores que manipulen productos químicos peligrosos, la información sobre los riesgos y los procedimientos de manipulación que conllevan dichos productos químicos, incluyendo cualquier dato suministrado por el fabricante, y cualquier información adicional que se considere necesaria para las actividades de la línea aérea
4. Proporcionar formación sobre la identificación de los peligros, sobre la ubicación y el uso de los equipos de seguridad, y sobre los primeros auxilios y los procedimientos de notificación implicados
5. Establecer y documentar el programa de seguridad en el manual de políticas y procedimientos técnicos (TPPM).

#### RESPONSABILIDADES GENERALES EN MATERIA DE SEGURIDAD

La seguridad, como ya se ha dicho, es tarea de todos. Sin embargo, algunas responsabilidades en materia de seguridad se asignan a la propia empresa; otras responsabilidades se asignan al responsable de seguridad (coordinador, director, o cualquiera que sea su título), a los supervisores individuales, y a los empleados. Cada una de ellas se analiza a continuación.

#### GESTIÓN DE LA SEGURIDAD DE LAS AEROLÍNEAS

Como para cualquier compañía aérea, la seguridad es la prioridad número uno. Toda aerolínea se esfuerza por ser líder en seguridad aérea promoviendo la seguridad entre sus empleados, desde la alta dirección hasta los mecánicos y el resto del personal. El compromiso de una aerolínea con la seguridad, la protección y la calidad queda demostrado por su entusiasmo a la hora de desarrollar, implantar, mantener y mejorar continuamente su cultura de seguridad a través de los sistemas de gestión de la seguridad para conseguir los resultados deseados. Dado que hay muchos otros departamentos además del de mantenimiento de aeronaves, cada uno de ellos es responsable de formar a los empleados en materia de prevención de accidentes, lesiones en el trabajo y cuestiones medioambientales.

Las aerolíneas suelen crear manuales de políticas que les ayudan a evaluar, cambiar, editar, modificar o eliminar las políticas y los procedimientos según lo consideren oportuno. El programa de seguridad de la aerolínea les ayuda a realizar sus operaciones de la manera más segura posible. Los programas de seguridad cubren todos los bienes y equipos de la compañía. El propósito del programa de seguridad no es sustituir a ningún otro programa ni a ningún otro manual, sino coexistir con todas las iniciativas de seguridad y maximizarlas eficazmente. El programa sirve como sistema de alerta temprana para la gestión de riesgos. El departamento de seguridad de la aerolínea debe estar al día con los desarrollos de la aviación. El manual de seguridad de la aerolínea refleja sus políticas, sus procedimientos y su forma de actuar.

También muestra que su compromiso debe extenderse a todos los empleados, clientes y proveedores para que se adhieran a un nivel máximo de seguridad, y fomenta la comunicación abierta, la preocupación por la seguridad, la identificación de los peligros y la adopción de medidas adecuadas para corregir situaciones peligrosas o potencialmente peligrosas.

La compañía aérea está obligada a proporcionar condiciones de trabajo seguras e higiénicas en todas sus instalaciones. Esto incluirá botiquines de primeros auxilios adecuadamente abastecidos y actualizados en todos los hangares y centros de trabajo; instalaciones para el lavado de ojos y duchas en áreas donde se utilicen ácidos y otros materiales cáusticos o irritantes; y extintores, tanto de tipo químico como de CO<sub>2</sub>, según corresponda, en lugares fácilmente accesibles en todas las áreas de trabajo de M&E. Los extintores deben ser revisados regularmente para asegurar su viabilidad y etiquetados para indicar la fecha de la inspección. Los empleados que deban trabajar con ácidos y materiales corrosivos deberán disponer de ropa de protección adecuada. También deben estar disponibles y accesibles las gafas de seguridad, los tapones para los oídos y los escudos protectores. La empresa también es responsable de proporcionar la formación necesaria sobre el uso y la ubicación de estos elementos de seguridad; y del establecimiento, en el manual de políticas y procedimientos técnicos, de los requisitos para el uso de los equipos de seguridad, así como de los procedimientos aplicables para dicho uso. Para proteger el equipo y el personal, la compañía aérea también deberá prever una adecuada puesta en tierra de las aeronaves y una adecuada capacidad de extinción de incendios en la línea de vuelo y en el hangar, incluyendo sistemas automáticos de diluvio para el hangar. También se requieren procedimientos para sacar a las personas y a las aeronaves de los hangares y edificios en llamas.

#### RESPONSABILIDADES DEL COORDINADOR DE SEGURIDAD

El coordinador de seguridad es el gestor y administrador del programa de seguridad. Es responsable de establecer las normas y procedimientos de seguridad; de auditar las instalaciones de M&E, junto con el control de calidad, para comprobar el cumplimiento de la política de seguridad; de desarrollar mejoras en el programa de seguridad; y de mantener los registros y presentar las reclamaciones relativas a los accidentes e incidentes en los que estén implicados el personal y los equipos de M&E. La presentación de reclamaciones por accidentes e incidentes puede ser una función administrativa de la aerolínea (personal, legal, etc.), pero el coordinador de seguridad de M&E estará directamente involucrado en las reclamaciones de las áreas de M&E.

#### RESPONSABILIDADES DEL SUPERVISOR

Cada supervisor del centro de trabajo es responsable de la seguridad de sus instalaciones y del personal, empezando por la limpieza y el buen estado de las oficinas, los talleres y otras áreas de trabajo. El supervisor debe hacer cumplir todas las normas de seguridad y proporcionar instrucciones e interpretaciones de las normas, reglamentos y métodos para prevenir accidentes o incidentes dentro de su área de trabajo.

#### RESPONSABILIDADES DE LOS EMPLEADOS

Cada empleado de una aerolínea, ya sea mecánico con licencia, ayudante sin licencia, trabajador, supervisor o gerente, es responsable del cumplimiento de todas las normas y prácticas de seguridad de la aerolínea. Todos ellos son responsables de informar a su supervisor o gerente inmediato de las deficiencias tales como anomalías, prácticas inseguras y equipos inseguros. Los empleados también son responsables del uso adecuado de las herramientas y el equipo y del funcionamiento correcto de la maquinaria. También se espera que apliquen las normas de seguridad que han aprendido en las clases de seguridad y en la formación.

#### NORMAS GENERALES DE SEGURIDAD

Hay varias áreas especiales de interés para cualquier programa de seguridad de mantenimiento de una aerolínea que requieren una mayor discusión. Se trata de las normas sobre el tabaquismo, la prevención de incendios, la protección contra incendios, el almacenamiento y la manipulación de materiales peligrosos, la seguridad y la protección contra caídas, y los sistemas de diluvio de los hangares.

#### NORMATIVA SOBRE EL TABAQUISMO

El término materiales para fumar se refiere a cigarros, cigarrillos, pipas y otros materiales inflamables como cerillas y encendedores. El coordinador de seguridad debe designar zonas de "no fumar", y las normas deben hacerse cumplir. Las zonas típicas de no fumar son las siguientes (a) dentro de la aeronave en cualquier momento; (b) a menos de 50 pies de una aeronave estacionada en la rampa; (c) a menos de 50 pies de cualquier actividad o equipo de reabastecimiento de combustible; (d) a menos de 50 pies de las áreas de almacenamiento de aceite, disolvente o pintura; (e) dentro de los

hangares, (e) en el interior de los hangares, excepto en las oficinas, lavabos y otras áreas designadas para fumar; y (f) en cualquier lugar del aeropuerto designado como zona de no fumadores por la autoridad aeroportuaria.

También se aplican otros requisitos de seguridad contra incendios relativos a los materiales para fumar. El personal debe abstenerse de fumar después de haber estado expuesto a derrames de combustible u otros materiales o vapores inflamables. Esto se aplica al resto del personal que pueda encontrarse con los implicados en dichos derrames. La restricción se aplica hasta que se haya limpiado el material derramado y se hayan eliminado los vapores.

Los materiales para fumar encendidos no deben llevarse de una zona designada para fumar a otra a través de zonas de no fumadores. Los materiales para fumar deben extinguirse únicamente en ceniceros adecuados u otros recipientes ignífugos y no en el suelo, en cubos de basura o en otros receptáculos inadecuados.

#### PREVENCIÓN DE INCENDIOS

Los materiales para fumar no son las únicas fuentes de ignición de los incendios. Las descargas electrostáticas también pueden proporcionar la chispa necesaria para la ignición de vapores inflamables y otras sustancias. Por esta razón, todas las aeronaves deben estar debidamente conectadas a tierra mientras se encuentran en el hangar o en la rampa, especialmente durante las operaciones de reabastecimiento de combustible y de retirada del mismo. Otros materiales susceptibles de combustión son los trapos y el papel. Los trapos combustibles deben almacenarse en contenedores cerrados aprobados por la Asociación Nacional de Protección contra Incendios (NFPA), y el papel y otros residuos combustibles deben almacenarse en cubos de basura adecuados. Otros artículos, como los líquidos de limpieza volátiles con un punto de inflamación bajo, los aceites y las pinturas, también deben almacenarse y manipularse adecuadamente. Cuando estos artículos estén presentes, se aplicarán las normas de no fumar y se requerirá una ventilación adecuada.

El supervisor de cualquier centro de trabajo en el que se utilicen estos materiales volátiles deberá asegurarse de que los productos se almacenan adecuadamente y en cantidades acordes con las necesidades razonables. El uso de estos y otros materiales volátiles no se llevará a cabo en ninguna sala en la que haya llamas abiertas, equipos eléctricos en funcionamiento, operaciones de soldadura (arco o acetileno), o actividades de amolado.

Los materiales inflamables, como las pinturas, los dopajes y los barnices, deben guardarse en recipientes cerrados aprobados por la NFPA, lejos del calor excesivo o de otras fuentes de ignición. Los suministros a granel de estos materiales deben almacenarse en un edificio separado en un lugar alejado de la actividad de mantenimiento. Si es necesario realizar actividades de soldadura en las aeronaves, la dirección debe determinar los procedimientos adecuados y disponer de bomberos y equipos de reserva durante el ejercicio.

#### PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN CONTRA CAÍDAS

La normativa de la OSHA relativa a la protección y prevención de caídas se refiere a las superficies de trabajo, los andamios y otros lugares altos y precarios, como las obras de construcción de edificios, pero no específicamente a las alas y los fuselajes de los aviones, donde el personal de mantenimiento tiene que ir ocasionalmente. Sin embargo, existe la misma filosofía. Las áreas peligrosas deben ser identificadas y deben tener equipos y procedimientos específicos para proteger a cualquier persona que trabaje en estas áreas.

Las aeronaves no tienen superficies agradables y planas como las que ofrecen los edificios y los andamios. Aunque se aplican las normas de la OSHA para dichas estructuras (barandillas, cinturones de seguridad y arneses), las superficies redondeadas de los aviones presentan problemas adicionales. Por un lado, las superficies de las aeronaves no siempre son seguras para caminar, y así se indica con grandes letras negras: "NO PASAR". Las superficies curvas, y el hecho de que no suele haber ninguna estructura a la que agarrarse para retrasar la caída, hacen que caminar por los aviones sea aún más peligroso que por otros lugares altos. Las normas de la OSHA especifican que un trabajador no debe tener una distancia mayor de 4 pies para caer. Todo lo que sea mayor requiere un equipo de seguridad en forma de barandillas, cinturones o arneses, o alguna combinación de ellos. La parte superior del fuselaje de un 747 está a 32 pies y 2 pulgadas de la pista, aproximadamente a tres pisos de altura.

#### NOTIFICACIÓN DE ACCIDENTES Y LESIONES

Todo incidente en el que esté involucrado el personal de la aerolínea y que resulte en daños a las instalaciones y/o al equipo o en lesiones al personal debe ser reportado al gerente de seguridad, independientemente de que el personal, el equipo o las instalaciones sean propiedad de la aerolínea o de alguna otra unidad. Se realizará un informe inicial

*inmediatamente después de que se produzca el accidente o incidente utilizando el teléfono, télex, fax, radio o cualquier otro medio de comunicación disponible. Este informe debe hacerse directamente a la oficina de seguridad si el evento ocurrió en la base de origen o a través del MCC si ocurrió en una estación externa. Dentro de las 24 horas siguientes al suceso, el supervisor del centro de trabajo donde se haya producido el accidente o incidente enviará un informe de accidente o un informe de lesiones del personal, según corresponda, a la oficina de seguridad. La oficina de seguridad deberá elaborar los formularios para dichos informes y ponerlos a disposición de todos los centros de trabajo de la aerolínea. En la sección del programa de seguridad del manual de políticas y procedimientos técnicos deberían incluirse muestras de estos formularios y las instrucciones para su correcta cumplimentación y envío.*

*La oficina de seguridad creará un registro de todas las actividades de accidentes e incidentes que involucren al personal de la aerolínea, ya sea en la estación de origen, en las estaciones externas o en las instalaciones del contratista. La organización de PP&C emitirá un número de orden de trabajo para el seguimiento de cada accidente o incidente a través del proceso de investigación, reparación, reclamaciones de seguros o cualquier otro proceso necesario. La orden de trabajo también servirá para recoger los datos de tiempo y costes relativos al accidente o incidente.*

## PARTE V

### APÉNDICES

*El material de los siguientes apéndices se proporciona para mejorar los demás capítulos del curso. La ingeniería de sistemas, Apéndice A, que normalmente es una actividad de ingeniería de diseño, se amplía aquí para incluir toda la vida útil del equipo. La comprensión de los sistemas es importante para entender los problemas de las aeronaves y del mantenimiento. Tanto los ingenieros como el personal de mantenimiento pueden beneficiarse de este enfoque.*

*Los factores humanos en el mantenimiento han recibido mucho énfasis en los últimos años. El Apéndice B de este curso proporciona una breve historia del campo y una visión general de las actividades de los factores humanos en el mantenimiento de la aviación. También analiza la necesidad de incluir los factores humanos en el concepto de ingeniería de sistemas.*

*La resolución de problemas suele enseñarse mal en las escuelas de tecnología y a veces se omite por completo. El Apéndice C, "El arte y la ciencia de la resolución de problemas", se proporciona aquí como una guía para ayudar a M&E a desarrollar mejores técnicas para resolver problemas en el mantenimiento de línea, hangar y taller, así como en ingeniería.*

*El Apéndice D, "Investigación de las alertas de fiabilidad", trata del proceso de análisis de las condiciones de las alertas de fiabilidad y de la resolución de los problemas de mantenimiento. Está destinado principalmente a la fiabilidad y a la ingeniería. Este proceso es tanto una aplicación como una extensión del proceso de resolución de problemas discutido en el Apéndice C. El Apéndice E es una breve discusión de las operaciones de rango extendido con aviones bimotores (ETOPS). El Apéndice F es un glosario de términos de uso común.*

### APÉNDICE A

#### INGENIERÍA DE SISTEMAS

##### INTRODUCCIÓN

*Normalmente, cuando hablamos de sistemas o de ingeniería de sistemas, pensamos en sistemas eléctricos, mecánicos o hidráulicos o en sistemas que combinan algunas o todas estas disciplinas. Solemos pensar en sistemas de armas, sistemas de comunicaciones y otras colecciones de muchas piezas, componentes y disciplinas. Pero hay otros tipos de sistemas: los sistemas gubernamentales (democracia, oligarquía, dictadura, etc.), los sistemas operativos (listas de control, procedimientos, etc.) y los sistemas de mantenimiento (grupos de tareas programadas, procedimientos de mantenimiento no programado, etc.). Incluso el papeleo puede considerarse un sistema; por ejemplo, una serie de formularios que se rellenan para un trabajo o para un contrato gubernamental o comercial. Un sistema, por tanto, puede ser algo más que piezas mecánicas o eléctricas. Un sistema es un conjunto de elementos de un tipo u otro que, juntos, realizan alguna función o permiten algún resultado deseado. Cualquier conjunto organizado de componentes, procedimientos o acciones -mecánicas, eléctricas, mentales, físicas, procedimentales, conceptuales- que se organizan para producir algún resultado previsto puede clasificarse como sistema. Un sistema es un instrumento de realización.*

*Este concepto de sistema puede aplicarse antes, durante o después del hecho. Con esto queremos decir que los conceptos de sistema pueden aplicarse antes de la creación de alguna entidad (trabajo de diseño); durante el proceso de diseño y desarrollo (procedimientos paso a paso a través de un proceso); o después del hecho (análisis de resultados, mantenimiento o funcionamiento del sistema).*

## ENFOQUE SISTEMÁTICO FRENTE A ENFOQUE DE SISTEMAS

Hay dos términos que se utilizan, a menudo indistintamente, que no son exactamente lo mismo. Estos términos son el enfoque sistemático y el enfoque de sistemas. El término enfoque sistemático suele referirse a un proceso paso a paso, un proceso o procedimiento esencialmente lineal en el que se logra algún objetivo realizando un paso a la vez, en secuencia, hasta alcanzar el resultado o el objetivo deseado. Un ejemplo sería la lista de comprobación de una tripulación de vuelo o un procedimiento de mantenimiento para probar una unidad o para retirar y sustituir un componente. El enfoque sistemático es un proceso deliberado paso a paso que se realiza siempre de la misma manera. Es metódico, es sistemático.

El enfoque sistémico, tal y como se utiliza en este curso, es algo diferente. Un sistema puede ser simple en su construcción e implicar una serie de pasos o procesos realizados de uno en uno o en un flujo continuo. Pero la mayoría de los sistemas son un poco más complejos. Puede haber numerosos elementos que actúan simultáneamente, en consonancia o, en algunos casos, en oposición, como los bucles de retroalimentación (eléctricos) o los amortiguadores (mecánicos). Puede haber varias entradas y salidas intercambiadas por varios elementos del sistema, todo ello controlado por numerosos acontecimientos internos y externos. Se trata de un proceso verdaderamente multidimensional, muy diferente de uno simple y lineal.

El enfoque sistémico de cualquier problema o sistema implica la capacidad de ver todos estos elementos que interactúan entre sí y comprender el resultado global de su actividad. El enfoque sistémico es el proceso de observar, comprender y reaccionar ante todos los aspectos del sistema complejo de forma individual y colectiva. Si bien todas las partes deben funcionar tal y como las concibieron los diseñadores, el conglomerado de todas estas partes que interactúan también debe funcionar en conjunto tal y como se concibió el sistema. El enfoque sistémico, por tanto, es el proceso de ver y comprender todos los aspectos del sistema a la vez y cómo interactúan para lograr el objetivo deseado. Y esto es así tanto si se diseña un sistema, como si se utiliza un sistema, se mantiene un sistema o se enseñan los atributos del sistema a otra persona. Puede utilizar el enfoque sistemático en determinados momentos durante el proceso, pero el enfoque sistémico requiere el conocimiento y la comprensión simultánea de todos los procesos y elementos del sistema. En el Apéndice C, ilustramos cómo a veces es necesario utilizar un enfoque sistemático en una sección, función o aspecto de un sistema mientras se intenta localizar un problema, pero el proceso global de localización de fallos también debe considerar el sistema y su función como un todo. Así, aunque los enfoques sistemáticos y de sistemas son significativamente diferentes, no son necesariamente excluyentes.

## INGENIERÍA DE SISTEMAS

La ingeniería de sistemas es un término utilizado para describir el trabajo de los ingenieros y diseñadores que abordan el "aspecto total de los sistemas" en el nivel de diseño de los mismos. El ingeniero de sistemas se ocupa del sistema en su conjunto. Se encarga de garantizar que todos los componentes interrelacionados de un sistema se interconecten correctamente y que todos los elementos del sistema funcionen en última instancia para proporcionar la intención general del concepto original del sistema. El ingeniero de sistemas es responsable de los aspectos de diseño "generales", de la compatibilidad de los componentes interconectados (control de la interfaz) y del rendimiento general del sistema.

## DEFINICIONES

Para comprender mejor los sistemas, primero debemos definir algunos términos: sistema, límites del sistema, elementos del sistema (internos y externos) e interfaces del sistema. A continuación, se abordan sucesivamente.

## SISTEMA

Cada disciplina de ingeniería tiene su propia definición de sistema. El Manual de Ingeniería de Sistemas, de Robert E. Machol, recoge seis definiciones de sistema procedentes de diversas fuentes. Algunas de ellas son bastante algunas de ellas son bastante concisas, otras son bastante prolíficas. Una de las definiciones que se dan incluye ecuaciones matemáticas. Otras fuentes recogen otras definiciones similares.<sup>2,3,4</sup> Sin embargo, cuando se analizan, todas estas definiciones son esencialmente idénticas. Podemos generalizarlas diciendo: "Un sistema es un conjunto de componentes que trabajan juntos para realizar una determinada función". Sin embargo, ésta no es una definición adecuada. En la Fig. A-1 el "sistema" de Rube Goldberg satisface la definición, pero no es un método eficiente para realizar la función prevista. No es repetible; puede que ni siquiera funcione. En otras palabras, es un mal diseño. Hay que hacer algo de ingeniería adicional en el sistema del Sr. Goldberg para resolver el problema de forma más eficiente. En la definición básica anterior faltan dos conceptos importantes: el diseño y la eficiencia. Tenemos que añadir estas palabras a la definición para que podamos evitar los sistemas imperfectos.

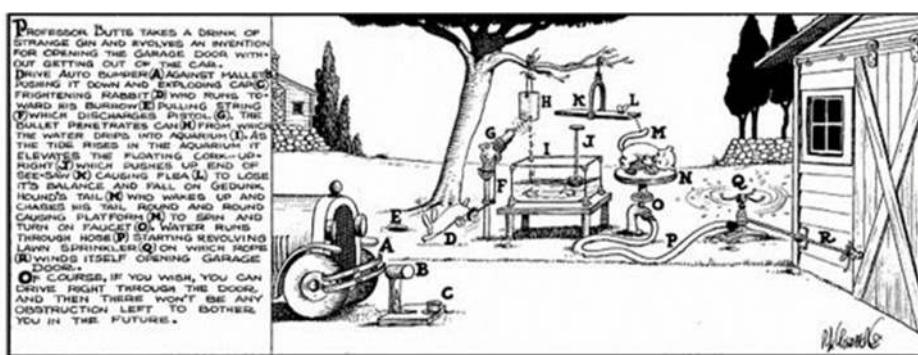


Figura A-1 Un sistema Rube Goldberg. (Fuente: Rube Goldberg es el ® y © de Rube Goldberg, Inc.)

Un sistema es un conjunto de componentes diseñados para trabajar juntos y realizar eficazmente una determinada función.

Estas dos palabras añadidas son las partes más importantes de la definición. Ningún sistema es un buen sistema si no cumple la función que se le ha asignado de forma eficiente. Y ningún sistema puede hacerlo si está compuesto por una colección de piezas que se seleccionaron sin tener en cuenta la interacción de esas piezas entre sí. Más adelante veremos que el éxito de la interfaz entre los componentes individuales de un sistema es una parte muy importante de la ingeniería de sistemas.

### NIVELES DEL SISTEMA

Todo sistema puede tener partes asociadas, que pueden llamarse subsistemas. Estos subsistemas son sistemas por derecho propio y estos sistemas también pueden tener subsistemas. Todo, desde el átomo hasta el universo (no incluido), es un subsistema de algún otro sistema y todo, desde el átomo hasta el universo (incluido), está formado por subsistemas. Esta "estructura de cebolla" define la complejidad del mundo de la ingeniería de sistemas. Para simplificar las cosas, tenemos que definir los límites de lo que queremos estudiar o construir. Esto se hace identificando los límites del sistema.

### LÍMITES DEL SISTEMA

Los límites de la consideración de un estudio, análisis, observación o uso de un conjunto de componentes identificarán los límites del sistema. Estos límites varían en función de la extensión del estudio o del grado o alcance de la consideración. Por ejemplo, para un ingeniero de aviación, un sistema puede consistir en los componentes que conforman el sistema de control del alerón de un avión. Un diseñador de circuitos podría considerar como su sistema una sola placa de circuito impreso (PCB) en el módulo de control del alerón. Para un ingeniero aeronáutico, sin embargo, este sistema de control del alerón sería sólo un componente del sistema de controles de vuelo del avión.

### ELEMENTO DEL SISTEMA

Cualquier componente al que se le pueda asignar una función o un atributo dentro del contexto del sistema definido se denomina elemento del sistema. Los elementos del sistema pueden ser internos o externos, dependiendo de cómo se definen los límites del sistema. También utilizamos los términos componente y subsistema indistintamente con el término elemento.

### ELEMENTOS INTERNOS

Los elementos internos son aquellos que se encuentran dentro de los límites definidos del sistema. Son los componentes o partes que más preocupan al diseñador, usuario, operador o encargado del mantenimiento del sistema. Estos elementos son los que hacen funcionar la "caja negra" o el sistema, siempre que las entradas estén disponibles y sean correctas.

### ELEMENTOS EXTERNOS

Los elementos que se encuentran fuera de los límites definidos del sistema y que tienen una relación directa o indirecta con su funcionamiento se denominan elementos externos. Estos elementos pueden ser controlables o no. Los elementos externos consisten, principalmente, en las entradas y salidas del sistema. Esto incluiría las entradas del operador o del usuario o las señales, tensiones, etc. de otros sistemas de interconexión. Las interferencias electromagnéticas (EMI) y la meteorología también pueden ser elementos externos de algunos sistemas.

### INTERFAZ DEL SISTEMA

Existe una interfaz siempre que dos sistemas o dos elementos de un sistema se conectan o interactúan. Esta interacción puede ser directa o indirecta; puede ser eléctrica o mecánica; puede ser a través de dispositivos sensoriales o de transmisión. Una de las interfaces que consideraremos en el Apéndice B es la interfaz entre el ser humano y el sistema definido.

#### CONTROL DE LA INTERFAZ DEL SISTEMA

Una de las principales funciones del ingeniero de sistemas en el nivel de diseño es garantizar que, siempre que dos sistemas o elementos del sistema interactúen, esta interfaz esté diseñada para un rendimiento óptimo. Esto se llama control de la interfaz. En sistemas muy complejos, y en sistemas en los que varios elementos y subsistemas son diseñados y construidos por diferentes organizaciones, estas interfaces deben ser definidas con precisión con especificaciones y tolerancias, en una especificación de interfaz de sistemas. Esto garantizará que todos los diseñadores implicados trabajen con el mismo conjunto de especificaciones y que el sistema resultante cuando estos elementos se conecten entre sí "realice eficazmente" la función prevista.

El control de la interfaz, por tanto, es el proceso que garantiza que todos los elementos del sistema interactúen de forma eficiente y eficaz con todos los demás elementos relacionados. Las piezas mecánicas o físicas que tienen que encajar; las señales eléctricas o digitales que se intercambian; los modos de transmisión de datos y los medios necesarios para la comunicación; y muchos otros elementos, todos tienen que ser "diseñados" para interactuar correctamente.

He aquí un ejemplo bastante obvio: Un elemento de un sistema requiere una entrada de corriente continua (cc) de 28 voltios. Otro elemento del mismo sistema necesita 115 voltios de corriente alterna (ac) a 400 Hertz. Un chip de ordenador, utilizado en una de las placas de circuito de la unidad, requiere una corriente continua regulada de  $\pm 5$  voltios. El diseñador de la fuente de alimentación, que puede trabajar para otro departamento o incluso para otra empresa, debe proporcionar una fuente de alimentación (es decir, un subsistema) que suministre todos estos voltajes al sistema principal. El diseñador del sistema también puede especificar otras especificaciones, como la regulación de la tensión y los parámetros de limitación de la corriente. Los cables y conectores de la fuente de alimentación deben ser compatibles con todas las unidades de interconexión y hay que tener cuidado para que los cables que suministran energía a estas unidades no se crucen inadvertidamente, entregando la energía equivocada a la unidad. También hay que tener en cuenta la posible pérdida o deterioro de la señal debido a la longitud del cable.

#### OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA

La optimización del sistema es otro concepto importante de la ingeniería de sistemas. La optimización de un elemento o interfaz de un sistema no necesariamente optimizará todo el sistema. Cuando todos los elementos de un sistema se optimizan según sus respectivos diseños y el correspondiente estado de la técnica en esa disciplina, pueden dejar de ser compatibles en lo que respecta al control de la interfaz. He aquí algunos ejemplos. Un elemento electrónico sofisticado puede ser demasiado sensible a las variaciones de las entradas de algunos elementos de interconexión (señales o entradas de energía). Un elemento mecánico (por ejemplo, una abrazadera metálica) puede estar hecho de un material muy duradero para soportar el calor y las vibraciones extremas en la zona donde se va a utilizar (en un motor a reacción, por ejemplo). Pero esta abrazadera puede ser demasiado dura para el delicado aislamiento del cable de detección de incendios que debe mantener en su sitio. Como resultado, el aislamiento podría desgastarse, bajo la extrema vibración que soporta, y eventualmente causar un cortocircuito y una falsa indicación de alerta de incendio.

Hay una serie de ejemplos como el de las pinzas que se descubren durante el funcionamiento de un sistema. Aunque no todos los posibles fallos o imperfecciones del sistema pueden predecirse antes o durante la fase de diseño del sistema, el siguiente sistema similar que se desarrolle puede beneficiarse de estas "lecciones aprendidas".

La optimización del sistema es el proceso de garantizar que todos los elementos y todas las interfaces funcionen juntos de manera que proporcionen el mejor rendimiento global del sistema total. La optimización del sistema no sólo incluye el rendimiento operativo, sino también la fiabilidad del sistema, la capacidad de mantenimiento y los factores económicos relacionados con el funcionamiento y el mantenimiento.

#### UN EJEMPLO DE SISTEMA: LA ESTRUCTURA DE "CAPAS DE CEBOLLA"

Hablemos del componente que centra nuestro interés en este curso, el avión comercial. Estos sistemas (aviones) forman parte del sistema de aviación comercial que, a su vez, forma parte del sistema de transporte aéreo. El transporte aéreo

es una parte del sistema nacional de transporte total, que consta de sistemas aéreos, terrestres, marítimos, de tuberías y ferroviarios.

Si consideramos el avión como nuestro sistema de interés, podemos considerar cualquiera de sus cientos de subsistemas: los controles de vuelo, por ejemplo. Los mandos de vuelo pueden dividirse en dos grandes categorías: mandos de vuelo primarios (alerones, elevadores, timones) y mandos de vuelo secundarios (flaps, slats, alerones, aletas de compensación). Cualquiera de estos sistemas o subsistemas puede dividirse a su vez en componentes clasificados como eléctricos, mecánicos o hidráulicos, y cada uno de ellos podría designarse como un subsistema o incluso un subsubsistema del sistema elegido.

Una unidad de control electrónico para un sistema de control de vuelo puede incluir una o más cajas negras (y no siempre son negras); cada caja contendrá subsistemas y componentes como transformadores, regletas de terminales, placas de circuito impreso, etc. Las placas de circuito impreso estarán formadas por circuitos (cableados o integrados) que constan de otros componentes, como resistencias, condensadores y similares. Podemos llevar esta "estructura de capas de cebolla", como se denomina a veces, hasta el nivel del átomo si lo deseamos. Los responsables del desarrollo de circuitos integrados (CI) y otros dispositivos de estado sólido podrían estar muy interesados en ese "sistema".

Como se puede ver en esta discusión y en la Tabla A-1, el uso de la terminología de sistema/subsistema podría volverse bastante difícil de manejar después de tres o cuatro capas. Así que, para evitar confusiones, nos referiremos a cualquier nivel de esta jerarquía como "sistema" y a sus componentes o partes constituyentes como "subsistemas". La terminología estándar, por tanto, será la siguiente: un sistema es el conjunto de componentes que nos ocupa y este sistema se identifica por los límites que establecemos. Entonces podemos hablar de cualquier componente o elemento adicional como "interno" o "externo" a nuestro sistema especificado.

TABLA A-1 Sistemas y subsistemas

- ❖ Sistema de transporte aéreo Aviación comercial Avión
- ❖ Controles de vuelo
- ❖ Controles de vuelo primarios y secundarios
- ❖ Componentes eléctricos, mecánicos e hidráulicos
- ❖ Unidades de caja negra, unidades mecánicas
- ❖ Tarjetas de PC, transformadores, etc.
- ❖ Circuitos
- ❖ Componentes
- ❖ Estructura molecular

Pero un sistema no son sólo componentes. Un sistema incluye personas (usuarios, operadores, encargados del mantenimiento), así como procesos y/o procedimientos para el uso, funcionamiento o mantenimiento del sistema. Un sistema puede requerir entradas de sistemas o componentes eléctricos, mecánicos y/o hidráulicos, así como entradas de un usuario, un operador o un técnico de mantenimiento. Un sistema proporcionará, sin duda, salidas en diversas formas (señales eléctricas y formas de onda, movimiento mecánico, pantallas de instrumentos, datos informáticos) que serán utilizadas por los seres humanos, por otros sistemas o por ambos.

Pero un sistema no son sólo componentes. Un sistema incluirá personas (usuarios, operadores, mantenedores), así como procesos y/o procedimientos para el uso, funcionamiento o mantenimiento del sistema. Un sistema puede requerir entradas de sistemas o componentes eléctricos, mecánicos y/o hidráulicos, así como entradas de un usuario, un operador o un técnico de mantenimiento. Un sistema proporcionará, sin duda, salidas en diversas formas (señales eléctricas y formas de onda, movimiento mecánico, pantallas de instrumentos, datos informáticos) que serán utilizadas por los seres humanos, por otros sistemas o por ambos.

La profundidad de este mundo de capas depende del interés que se tenga por el sistema. Tomemos, por ejemplo, una placa de circuito impreso cuya finalidad es proporcionar una tensión analógica a una pantalla de la cabina de vuelo que muestra el ángulo de extensión de los flaps en el ala del avión. Para el mecánico de línea que aborda la redacción de un sistema de flaps, el área de interés sería la caja negra que contiene la placa de circuito impreso errante. Esta "caja negra" es una unidad que puede ser fácilmente extraída y reemplazada para devolver el avión al servicio. El técnico del taller de aviónica, sin embargo, tendría un gran interés en la placa de PC y su efecto en el funcionamiento del sistema; es decir, el indicador del ángulo de los flaps. Los mecánicos e ingenieros interesados en cualquier sistema de nivel superior en la cadena no estarían tan interesados en los detalles de la tarjeta de PC. Del mismo modo, sólo los que construyen la placa de PC o sus circuitos integrados tendrían interés en las propiedades físicas y atómicas de los componentes del CI.

## RESUMEN

*En la ingeniería de diseño es habitual aplicar los conceptos de la ingeniería de sistemas al principio del desarrollo de un nuevo sistema. Este esfuerzo garantiza que cada componente o subsistema se diseñe para que sea compatible con el resto del sistema, a fin de garantizar que las metas y objetivos del sistema se cumplan independientemente de quién construya el componente o subsistema. Aunque los usuarios de estos sistemas no participarán (normalmente) en el diseño o rediseño de los mismos, el conocimiento de los conceptos de sistemas y las técnicas de ingeniería de sistemas son importantes para comprender el sistema y su funcionamiento. El conocimiento de los sistemas también es útil para el mantenimiento y la resolución de problemas de estos sistemas. Esto debe tenerse en cuenta al leer y estudiar los principales capítulos de este curso.*

## ANEXO B

### FACTORES HUMANOS EN EL MANTENIMIENTO

#### ANTECEDENTES

*A principios de la década de 1980, la industria de la aviación implantó la gestión de recursos de la tripulación (CRM) en un esfuerzo por detectar y corregir los errores humanos cometidos por las tripulaciones de vuelo. La medida tuvo éxito y continúa. En la década de 1990, se determinó que debía utilizarse el mismo enfoque para identificar y corregir los errores en las actividades de mantenimiento que contribuían a los accidentes e incidentes de las aeronaves. Esta actividad - factores humanos en el mantenimiento (HFM)- se ha convertido en el programa de gestión de recursos de mantenimiento (MRM). La FAA aborda esta actividad en la Circular Consultiva AC 120-72.1*

*Aunque mucha gente asume que los factores humanos en el mantenimiento se refieren a las acciones de los mecánicos, el programa MRM admite varias áreas principales en las que pueden producirse errores de mantenimiento. Estas áreas son (a) el diseño y la fabricación de los equipos; (b) la documentación de los fabricantes y la redacción de los procedimientos; (c) los procedimientos y las áreas de trabajo de las aerolíneas; y (d) la formación y el rendimiento de los mecánicos.*

*Los fabricantes de fuselajes y equipos han puesto en marcha programas de HF para mejorar el diseño, de modo que el mantenimiento pueda realizarse más fácilmente y para reducir el número de posibles errores que puedan cometerse. Las mejoras en los manuales de mantenimiento y otros documentos también están bajo el escrutinio de los fabricantes y algunos académicos están estudiando el problema del error humano. Pero las compañías aéreas también tienen la responsabilidad de supervisar los procesos y procedimientos que emplean y de modificarlos con respecto a la reducción de los errores humanos. La organización de la formación debe modificar los cursos para adaptarlos a los cambios necesarios para cumplir con el aspecto de la HF y también debe desarrollar e implementar un curso de HFM. El CA mencionado anteriormente proporciona directrices para establecer dicho curso.*

*En este apéndice, hablaremos primero de los factores humanos como parte de la ingeniería de sistemas (véase el apéndice A); después abordaremos algunas de las demás actividades de HFM.*

#### DEFINICIONES BÁSICAS

*El término factores humanos se define en el Handbook of Aeronautical and Astronautical Engineering como sigue:*

*La ergonomía [factores humanos] es la disciplina científica que se ocupa de la comprensión de las interacciones entre los seres humanos y otros elementos de un sistema, y la profesión que aplica los principios teóricos, los datos y los métodos al diseño para optimizar el bienestar humano y el rendimiento general del sistema. ...*

*Otra definición popular es bastante breve, pero capta la esencia de los factores humanos.*

*En forma de cápsula, el núcleo de los factores humanos puede considerarse como el proceso de diseño para el uso humano.*

*En el pasado, los factores humanos solían referirse a las características físicas de las personas, como el tamaño, la fuerza, la destreza física y la agudeza visual. Pero hay otros atributos humanos que afectan al rendimiento de un sistema y a la capacidad del ser humano para utilizarlo o mantenerlo. Algunas características humanas, como la falta de conocimientos o de comprensión del funcionamiento del sistema, pueden conducir a un uso inadecuado o a una resolución de problemas insuficiente o a un mantenimiento incorrecto. Los olvidos humanos o incluso la actitud de una persona pueden afectar al funcionamiento del sistema o a la forma en que esa persona interactúa con el sistema. Los atributos humanos de las*

personas que interactúan con los sistemas de cualquier manera pueden tener un efecto sobre el funcionamiento del sistema a través de su capacidad o falta de capacidad. Las personas encargadas del diseño pueden no entender las necesidades de mantenimiento, los formadores pueden no ser capaces de comunicar la información correcta a los demás y los operarios pueden utilizar el sistema de forma inadecuada.

## FACTORES HUMANOS E INGENIERÍA DE SISTEMAS

En el Apéndice A, hemos hablado de la ingeniería de sistemas. Hablamos de los límites de los sistemas, los elementos del sistema y las interfaces relativas a la interacción de estos sistemas, subsistemas y componentes. Aquí retomamos la noción de que el ser humano -el usuario, el operador o el mecánico, así como todos los demás (escritores, diseñadores, profesores, etc.) que interactúan con el sistema- deben considerarse elementos del sistema. Asimismo, estos elementos e interfaces deben abordarse durante la fase de diseño del sistema.

La interacción humana con los sistemas hace que sea imperativo tener en cuenta a los usuarios, operadores y personal de mantenimiento durante las fases de diseño, desarrollo y funcionamiento del sistema. Durante el diseño y el desarrollo, los requisitos y las interacciones humanas deben conocerse o preverse en todos los niveles del sistema. Esto incluye no sólo el equipo, sino también los manuales y el programa de formación para ese equipo. Durante la fase operativa, la información obtenida sobre el terreno dictará los cambios necesarios para mejorar el sistema en relación con el operador, el usuario o el mecánico en términos de procedimientos locales, así como los procedimientos, la formación y los esfuerzos de diseño del fabricante. Las lecciones aprendidas durante este periodo operativo en relación con la interacción humana con el sistema pueden ser aprovechadas por los fabricantes en el desarrollo de nuevos sistemas o en la modificación de los existentes.

Tradicionalmente, el ingeniero de sistemas debe estar familiarizado con una serie de disciplinas de ingeniería para realizar su trabajo con éxito. Añadir los factores humanos a la caja de herramientas significa añadir una disciplina más: la ingeniería de factores humanos. Esto implica no sólo la comprensión de las características humanas, sino también cómo estas características se relacionan con el funcionamiento general del sistema. Requiere que el ingeniero de sistemas comprenda los efectos que estos seres humanos pueden tener en el funcionamiento del sistema, tanto si existe la interacción necesaria como si no, si la respuesta es correcta o incorrecta, e incluso si la respuesta o la interacción están ausentes cuando son necesarias. Es necesario que el ingeniero de sistemas aborde estos efectos como parte del diseño básico del sistema. Los efectos de la presencia humana son tan reales como la presencia de tensiones y enlaces mecánicos. El ser humano es un elemento del sistema. Cuando todos los elementos funcionan correctamente, el sistema también lo hace.

## OBJETIVOS DEL SISTEMA FRENTE A OBJETIVOS DEL USUARIO

Elwyn Edwards<sup>4</sup> afirma que la eficacia de un sistema se mide por el grado de consecución de sus objetivos. McCormick<sup>5</sup> también menciona la eficacia funcional del sistema como uno de los objetivos del diseño. En este apéndice, integramos la filosofía de la ingeniería de sistemas, analizada en el apéndice A, con la filosofía de los factores humanos. Al hacerlo, consideramos que los objetivos significativos no son los objetivos del sistema, sino los objetivos que el usuario del sistema espera conseguir al emplear el sistema.

Ya no podemos diseñar en aras del sistema o de la tecnología. Esta nueva filosofía exige que ahora diseñemos para la aplicación del sistema. Un sistema, ya sea un simple reproductor de cintas o un exótico medio de transporte, es sólo una herramienta. Es una herramienta que utilizan las personas para lograr algún objetivo personal o laboral. Para que esa herramienta sea "fácil de usar", debemos diseñarla para que sea utilizable por los seres humanos. Eso significa que el sistema no sólo tiene que realizar alguna función de manera eficiente, sino que tiene que realizar esa función de la manera que el usuario del sistema quiere que se realice.

Un sistema que logra los objetivos de diseño de una colección de piezas mecánicas y eléctricas puede representar la perfección de la ingeniería, pero si el dispositivo no puede ser utilizado por las personas para algún propósito humano, es sólo una colección de piezas mecánicas y eléctricas; sólo otro "accesorio".

## DISEÑAR PARA LA INTERFAZ HUMANA

Tanto si hablamos de sistemas eléctricos como mecánicos, de procesos o procedimientos que hay que llevar a cabo, o de formularios que hay que llenar durante el mantenimiento, la interfaz entre estos sistemas y los usuarios humanos debe abordarse como cualquier otra interfaz del sistema; y los esfuerzos de optimización del sistema de los que hablamos en el Apéndice A deben aplicarse para que el sistema total -incluido el usuario- funcione de forma eficiente. La principal diferencia, sin embargo, es que estos humanos, a diferencia de los otros elementos del sistema, no pueden ser rediseñados durante el proceso de optimización para mejorar el funcionamiento total del sistema. Por lo tanto, los

diseñadores de estos sistemas deben cumplir varias reglas básicas. La primera de ellas es diseñar el sistema para que sea compatible con las habilidades, capacidades, necesidades y puntos fuertes del ser humano. La segunda es diseñar estos sistemas en torno a los fallos y deficiencias humanas para evitar posibles errores humanos.

La tercera regla es especialmente importante para desarrollar sistemas buenos y utilizables. Para cualquier problema o condición que no se pueda acomodar a las dos primeras reglas anteriores o que esté limitado debido a diversas restricciones, como los límites de diseño, las compensaciones o los requisitos presupuestarios, tal y como se ha comentado en el capítulo 1 de este libro, los diseñadores deben proporcionar a los usuarios, operadores y mecánicos - así como a otros elementos humanos implicados- la suficiente educación y formación sobre el sistema para resolver cualquier problema relacionado con los factores humanos que pueda surgir de una comprensión inadecuada del diseño. Estas reglas básicas de diseño para la interfaz humana con los sistemas se resumen en la Tabla B-1.

TABLA B-1 Directrices de diseño de factores humanos

1. Diseñe el sistema para que sea compatible con las habilidades, capacidades, necesidades y fortalezas humanas.
2. Diseñar el sistema para compensar los fallos y deficiencias humanas para evitar los errores humanos.
3. Proporcionar a los elementos humanos del sistema la suficiente educación y formación para resolver cualquier problema relacionado con los factores humanos que no se puedan aliviar con la aplicación de las dos primeras reglas anteriores.

#### FACTORES HUMANOS EN EL MANTENIMIENTO

En el Apéndice A, ampliamos la definición de sistemas para incluir algo más que los componentes electromecánicos que normalmente consideramos. Un sistema también puede ser una lista de comprobación, un procedimiento o un formulario que hay que llenar. El mantenimiento, por supuesto, se ocupa de todos estos tipos de sistemas, y el elemento humano es igual de importante en cada uno de ellos. La actuación del personal de mantenimiento es sólo una parte del problema; las instalaciones en las que trabajan, los equipos con los que se encuentran y los formularios, procesos y procedimientos que utilizan están sujetos a las acciones humanas y, por tanto, a los errores humanos. Y los errores no siempre se deben al mecánico. Hay varias áreas en el mantenimiento que contribuyen a los errores cometidos por los usuarios, operadores o mecánicos.

#### RESPONSABILIDADES DE LOS FACTORES HUMANOS

Los esfuerzos de los factores humanos suelen dividirse en tres categorías básicas de actividad: (a) diseño de aeronaves y componentes, (b) diseño de productos de mantenimiento, y (c) aplicaciones de programas de mantenimiento. Cada una de ellas se analiza a continuación.

#### DISEÑO DE AERONAVES Y COMPONENTES

La responsabilidad de esta categoría recae en los fabricantes de fuselajes, motores y equipos instalados. Se trata de la tarea de diseñar para el mantenimiento. Esto se refiere al diseño de equipos en los que se puede trabajar para el servicio, la inspección, el ajuste y los esfuerzos de remoción/instalación (R/I). Estos esfuerzos de diseño deben garantizar que haya suficiente espacio de trabajo para realizar las tareas requeridas y que también haya suficiente espacio para utilizar las herramientas y los equipos de prueba que puedan ser necesarios.

La responsabilidad del fabricante también incluye la consideración de las características de peso y manejo de la unidad sometida a mantenimiento. Los parámetros del equipo deben estar dentro de los límites físicos de los trabajadores necesarios para la tarea concreta. Si esto no es posible, debe desarrollarse un equipo de manipulación especial que permita una manipulación adecuada y proteja tanto al equipo como a los trabajadores de posibles daños. El esfuerzo de diseño también debe tener en cuenta el número y las habilidades de los trabajadores necesarios para que una tarea determinada se complete con unos requisitos de personal razonables.

Siempre que se utilice el diagnóstico por ordenador, mediante equipos de prueba incorporados (BITE) u otros sistemas externos, el equipo, los procesos, los menús y otros métodos de selección de tareas o información deben estar diseñados para facilitar el uso y la comprensión del mecánico; es decir, deben ser fáciles de usar. Los resultados de estas actividades deben ser comprensibles y utilizables por el mecánico.

#### DISEÑO DE PRODUCTOS DE MANTENIMIENTO

*El personal de mantenimiento necesita equipos auxiliares y material escrito para realizar el mantenimiento necesario de los sistemas de la aeronave. Los equipos de apoyo en tierra (GSE), las herramientas especiales y los equipos de prueba, así como diversas formas de documentación, deben diseñarse teniendo en cuenta las capacidades y limitaciones de los mecánicos, y estos productos deben ponerse a su disposición. Los mecánicos deben ser capaces de utilizar el GSE y las herramientas de forma eficaz, por lo que los requisitos de diseño comentados anteriormente para los fuselajes, los motores y los equipos instalados deben aplicarse también a estos elementos.*

*La documentación, ya sea redactada por el fabricante, los reguladores o la compañía aérea, debe ser clara, comprensible y precisa (es decir, técnicamente correcta) para que el mecánico pueda utilizar la información con eficacia. Esta información escrita también debe ser accesible para los mecánicos en la línea, en el hangar y en los talleres, según sea necesario. También debe estar disponible para la organización de la formación. El enfoque de fácil uso también es necesario para todos estos productos de mantenimiento.*

#### **APLICACIONES DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO**

*El programa básico de mantenimiento desarrollado por el proceso MSG se basa en las necesidades del equipo (es decir, objetivos de diseño, seguridad y fiabilidad) y en los requisitos reglamentarios (seguridad, aeronavegabilidad, etc.). Cuando la aerolínea recibe la aeronave y su programa de mantenimiento inicial, dicho programa suele adaptarse a la operación específica de la aerolínea. Este ajuste de las tareas y de los intervalos de las mismas debe incluir también consideraciones relativas a los factores humanos. Es decir, el ajuste del programa debe estar en consonancia con las capacidades humanas y los requisitos relativos a los horarios de trabajo, la resistencia y la composición de las habilidades de la tripulación para evitar el exceso de trabajo, la fatiga, etc. Se debe proporcionar el GSE, las herramientas y los equipos de prueba apropiados para realizar el trabajo, y la fuerza de trabajo debe estar debidamente capacitada en todos los aspectos del trabajo: el trabajo de mantenimiento real que se debe realizar; el uso del GSE, las herramientas y los equipos de prueba; el uso de equipos de diagnóstico computarizados incorporados o externos; y los aspectos básicos de los factores humanos del trabajo. Estas acciones son responsabilidad de la propia compañía aérea.*

#### **SEGURIDAD**

*En el capítulo 20 de este libro se abordan las cuestiones de seguridad y salud relacionadas con el mantenimiento. No hace falta pensar mucho para darse cuenta de que la seguridad es también una cuestión de factores humanos. Aunque los dos campos se refieren a aspectos diferentes de la actividad de mantenimiento, no se excluyen mutuamente.*

#### **RESUMEN**

*Los fabricantes de fuselajes, motores y equipos instalados están haciendo su parte para reducir las posibilidades de error humano en el mantenimiento, pero necesitan las aportaciones de los operadores aéreos y de las organizaciones de mantenimiento de terceros. La investigación de la comunidad académica (científicos del comportamiento, etc.) también es necesaria para avanzar en el estado del arte. Mientras tanto, los operadores aéreos y otras instalaciones de mantenimiento son responsables de las acciones de sus mecánicos y de los materiales con los que trabajan. En el ámbito de los factores humanos, al igual que en el de la seguridad, el personal de todos los niveles debe ser constantemente consciente de los problemas y estar preparado para aplicar soluciones. Los factores humanos son una forma de vida.*

#### **ANEXO C**

#### **EL ARTE Y LA CIENCIA DE LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS**

##### **INTRODUCCIÓN**

*Uno de los conceptos erróneos más comunes sobre la resolución de problemas es que se trata básicamente de una serie de conjeturas alocadas o, en el mejor de los casos, de una serie de conjeturas científicas. Esto no es así si se sabe lo que se está haciendo; es de poca ayuda si no se sabe. Además, hay quienes afirman que no se puede "enseñar" a resolver problemas. Este autor no está de acuerdo con esa idea. Es posible que algunas personas no puedan enseñar la materia por falta de conocimientos o de habilidad, y también es posible que algunas personas no puedan aprender la técnica por una u otra razón. Pero la experiencia ha demostrado que el arte y la ciencia -y es una combinación de ambos- pueden enseñarse. Es decir, se puede enseñar hasta cierto punto. Dado que la resolución de problemas (es decir, el arte) requiere cierta destreza, lo que se aprende al respecto debe venir de dentro. Sin embargo, hay algunos conceptos básicos para aplicar en la resolución de problemas (es decir, la ciencia) que se pueden enseñar.*

*Este apéndice intentará mostrar el enfoque sistemático de la resolución de problemas, los aspectos que pueden enseñarse. En él se abordará tanto el arte como la ciencia de la localización de averías.*

A medida que los equipos electrónicos y mecánicos se vuelven más y más complejos, el trabajo del técnico o mecánico se vuelve más y más frustrante. Los aviones a reacción de nueva generación actuales constituyen los sistemas más intrincados y complejos jamás diseñados por el esfuerzo humano. En el pasado, cada pieza del equipo o cada sistema requería su propio especialista para mantenerlo y repararlo en condiciones óptimas. La resolución de problemas consistía en comprobar el sistema para determinar si era defectuoso y consultar al usuario para determinar si funcionaba correctamente.

Hoy en día, con el control electrónico de los sistemas mecánicos, los sistemas redundantes, el registro de averías por ordenador y el cruce de datos entre sistemas para la toma de decisiones lógicas, el técnico o mecánico requiere no sólo un conocimiento más amplio de su propio equipo, sino también de los sistemas con los que ese equipo interactúa. Las entradas de los relés aire/tierra, los sensores de descenso de marcha, los ordenadores de datos aéreos y otros numerosos sistemas y sensores, difuminan o incluso borran las líneas divisorias entre los sistemas y componentes individuales. Ahora, el técnico necesita conocer todo el avión para aislar eficazmente los problemas indicados por los escritos de la tripulación, las bolas de avería, los mensajes de avería de los ordenadores, las luces de la cabina de vuelo y otras "cosas que hacen ruido en el vuelo".<sup>1</sup> El mecánico necesita entender el enfoque de los sistemas.

Aunque los fabricantes de aviones proporcionan al mecánico manuales de aislamiento de fallos que incluyen árboles de fallos sistemáticos para el aislamiento de problemas, este esfuerzo no es ni completo ni totalmente satisfactorio. Estos procedimientos de localización de fallos se escribieron normalmente para encontrar fallos específicos; no permiten necesariamente encontrar todos los fallos que puedan ocurrir dentro del sistema abordado por ese árbol de fallos. Corresponde al mecánico o al técnico proporcionar los procedimientos adicionales o hacer modificaciones a los procedimientos existentes para encontrar estos otros problemas. Estos procedimientos forman parte de la ciencia de la localización de averías, y es una ciencia incompleta.

El arte de la localización de averías, que es tan importante como la ciencia, sólo puede aprenderse mediante un esfuerzo continuado en el estudio y la reparación de los equipos. Este arte implica la capacidad de pensar en un problema y de aplicar todo lo que se sabe sobre el problema, el equipo y la naturaleza de la falla, de modo que se pueda comprender el más difícil y desconcertante de los problemas. En este apéndice se identifican, en primer lugar, los pasos básicos del proceso de resolución de problemas y, a continuación, se analiza el proceso por el que se aprende el arte de la resolución de problemas.

### TRES NIVELES DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Los problemas de mantenimiento se pueden dividir en tres categorías generales: (a) problemas con componentes o sistemas (es decir, autónomos); (b) problemas relacionados con los sistemas y sus entornos; y (c) problemas relacionados con la interacción de dos o más sistemas. Cada una de estas categorías o niveles requiere un enfoque diferente y cada uno de ellos se analizará a continuación.

#### NIVEL 1: EL COMPONENTE O SISTEMA

Este tipo de problema existe dentro del propio mundo del componente o del sistema. Se trata de un fallo simple y estándar con una solución simple y estándar. Esta es la actividad normal y cotidiana del solucionador de problemas. Las tablas de localización de averías o el sentido común suelen ser suficientes para resolver estos problemas.

Este sistema o componente funciona mal o ha fallado por completo. Compruebe las entradas, salidas, etc. Solucione los problemas dentro de la unidad/sistema. Conozca el funcionamiento del sistema y siga las prácticas normales de resolución de problemas.

### TRES NIVELES DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Los problemas de mantenimiento se pueden dividir en tres categorías generales (a) problemas con componentes o sistemas (es decir, autónomos); (b) problemas relacionados con los sistemas y sus entornos; y (c) problemas relacionados con la interacción de dos o más sistemas. Cada una de estas categorías o niveles requiere un enfoque diferente y cada uno de ellos se analizará a continuación.

#### NIVEL 1: EL COMPONENTE O SISTEMA

Este tipo de problema existe dentro del propio mundo del componente o del sistema. Se trata de un fallo simple y estándar con una solución simple y estándar. Esta es la actividad normal y cotidiana del solucionador de problemas. Las tablas de localización de averías o el sentido común suelen ser suficientes para resolver estos problemas.

*Este sistema o componente funciona mal o ha fallado por completo. Compruebe las entradas, salidas, etc. Solucione los problemas dentro de la unidad/sistema. Conozca el funcionamiento del sistema y siga las prácticas normales de resolución de problemas.*

## NIVEL 2: EL SISTEMA Y SU ENTORNO

*Un sistema falla o "actúa" durante alguna parte de su funcionamiento. Puede recuperarse y no mostrar más síntomas o puede fallar de forma intermitente. Puede funcionar bien en tierra o en el taller cuando se prueba, pero la avería sigue apareciendo en el aire durante la operación de vuelo normal.*

*La resolución de estos problemas requiere el conocimiento y la investigación del sistema o componente principal, así como sus entradas y salidas, pero también hay que tener en cuenta el entorno externo y su efecto en el sistema. Esto incluye la investigación de cómo se ha operado el sistema o el equipo (¿correctamente o no?) y qué otras cosas estaban ocurriendo durante el tiempo del mal funcionamiento (entradas extrañas).*

## NIVEL 3: LA INTERACCIÓN DE LOS SISTEMAS

*Algo sucede en un sistema cuando se ejerce otro sistema. Los dos sistemas pueden estar o no interrelacionados o interconectados. Aquí, suponiendo que hayan fallado otras normas de localización de averías, se busca alguna interferencia mecánica, como el roce de piezas o la interferencia electromagnética procedente de una unidad cercana, un cable eléctrico u otro sistema. Como último recurso, se busca la interferencia de campos radiados (de alta o baja intensidad, de cualquier frecuencia). Se trata de emanaciones procedentes de sistemas embarcados o no embarcados que interfieren con el sistema problemático. Esto ocurre cada vez más con los materiales compuestos (no metálicos) utilizados en los aviones. Los materiales compuestos utilizados en las aeronaves modernas no proporcionan el blindaje electromagnético que proporcionaban las antiguas estructuras y fuselajes metálicos.*

*Una vez más, los conocimientos necesarios para detectar estos problemas son más amplios que el simple fallo de un componente o de un sistema que se ha comentado anteriormente. El conocimiento de este tipo de interacción entre los sistemas sólo se consigue con el tiempo y la experiencia, pero es necesario adquirir esa visión a medida que se progresá en el rango de ayudante de mantenimiento a maestro mecánico y solucionador de problemas. Una vez conseguido esto, eres un artista.*

## CONOCIMIENTO DE LAS AVERÍAS

*Hay algunos conceptos generales sobre la solución de problemas y la localización de averías que hay que entender antes de entrar en el proceso propiamente dicho. A continuación, se comentan brevemente.*

### ¿Qué tipo de cosas pueden fallar?

*La mayoría de los sistemas tienen un conjunto de cosas conocidas que pueden y van a salir mal. Los mismos fallos aparecerán una y otra vez. La experiencia con estas características de los componentes o del sistema ayudará cada vez más al solucionador de problemas a medida que se desarrolle su base de conocimientos. Armado con estos conocimientos, el mecánico puede a veces saltarse ciertos pasos y comprobaciones en una tabla o procedimiento de localización de averías e ir directamente a los pasos que están directamente relacionados con el problema en cuestión. Sin embargo, sin este conocimiento previo de los fallos, un buen solucionador de problemas puede centrarse en las áreas problemáticas sabiendo qué tipo de cosas pueden ir mal en el sistema. La discusión con otras personas que hayan trabajado con el mismo sistema, y que posiblemente hayan tenido problemas similares, es muy útil.*

## LA EXPERIENCIA ES EL MEJOR MAESTRO

*La expresión "la experiencia es el mejor maestro" es tan común que es casi un cliché y a menudo se trata sólo como eso. Sin embargo, no es una falsedad. Hasta que uno se hace demasiado viejo para recordar las cosas, la memoria, en el ámbito del mantenimiento, puede ser uno de sus mayores y más útiles activos. Los mismos problemas se repiten. Si el problema es el mismo, la solución es la misma. La resolución de problemas se hace más fácil a medida que se avanza. Pero siempre hay un problema persistente que se le escapa incluso al mejor solucionador de problemas, y ahí es donde hay que recurrir a toda esa experiencia, comprensión y suerte. Sin nada de esto, estás fuera de juego.*

## NO SE HA ENCONTRADO NINGÚN FALLO

*Ningún debate sobre la resolución de problemas estará completo sin mencionar el concepto de "no se ha encontrado ningún fallo" (NFF). Es una acción común en el mantenimiento para firmar un problema en el libro de registro del avión con el comentario "No se ha encontrado ningún fallo" después de que las comprobaciones en tierra no hayan revelado ningún problema. La conclusión NFF también puede utilizarse después de una sesión infructuosa de resolución de*

problemas. Esta entrada NFF parece ser un cajón de sastre para la resolución de problemas ineficaz o pobre. Si la tripulación de vuelo anotó un elemento en el cuaderno de bitácora, entonces debe haber algún tipo de problema. El hecho de que los mecánicos no puedan encontrar el origen del problema no significa que la anotación sea un error. Si no se puede encontrar el problema mediante los procesos convencionales, será necesario utilizar un enfoque diferente. El resultado del NFF no es el final de la resolución de problemas; el NFF es una señal para reagruparse, para iniciar un enfoque diferente en el proceso de resolución de problemas. Puede significar pasar a un enfoque de nivel 2 o 3.

## UNIDADES DE RIESGO

Hay una categoría especial de elementos con un alto índice de fallos que se denominan generalmente unidades de riesgo. No se trata de tipos de unidades (es decir, cajas negras, piezas de componentes, etc.) que tienen un alto índice de fallos, sino de unidades individuales de un tipo (con número de serie o no) que parecen fallar con regularidad. Por ejemplo, supongamos que tenemos 25 cajas negras (radios, por ejemplo) y que se producen fallos en 10 de ellas a lo largo de un mes. Cada vez que se produce el fallo, se trata de una caja diferente o de un avión diferente. Esto puede considerarse una tasa de fallos elevada para el sistema o la unidad, pero no se habla de una unidad riesgo. Por otro lado, si la mayoría de todos los fallos afectan a una sola unidad (con número de serie o no), entonces esa unidad específica podría considerarse de riesgo.

En el capítulo 1, hablamos de las tolerancias y su efecto en la fiabilidad. Hay otra consideración relativa a las tolerancias que debemos abordar. Aunque los componentes se construyan dentro de las especificaciones de diseño, puede haber algunas diferencias en el rendimiento de la unidad en general. Los pistones y los orificios de los pistones en un bloque de motor de automóvil se construyen según las especificaciones, que definen un diámetro ideal con una tolerancia especificada que permite que estas piezas encajen y funcionen juntas.

En el capítulo 1, hablamos de las tolerancias y su efecto en la fiabilidad. Hay otra consideración relativa a las tolerancias que debemos abordar. Aunque los componentes se construyan dentro de las especificaciones de diseño, puede haber algunas diferencias en el rendimiento de la unidad en general. Los pistones y los orificios de los pistones en un bloque de motor de automóvil se construyen según las especificaciones, que definen un diámetro ideal con una tolerancia especificada que permite que estas piezas encajen y funcionen juntas.

Si el pistón está en un extremo de esta banda de tolerancia y el orificio está en el otro extremo, el ajuste real puede ser apretado o flojo dependiendo de cada caso. Aunque estas piezas están dentro de la tolerancia en ambos casos, su rendimiento puede diferir porque, en un caso, las piezas están apretadas, lo que provoca más fricción y, por tanto, más generación de calor y desgaste; mientras que, en el otro caso, el ajuste es flojo, lo que provoca cierta pérdida de energía debido al movimiento lateral indeseable (inclinación). Así, aunque las piezas se construyan dentro de la tolerancia permitida, puede haber algún detrimiento en el funcionamiento eficiente en casos extremos. Cuando hay varias de estas "condiciones de tolerancia perjudiciales" en un sistema determinado, o en las partes que interactúan de sistemas conectados, pueden ser aditivas; el sistema puede funcionar mal; y el sistema puede

averiarse con más frecuencia que otra unidad construida con las mismas especificaciones y con una variación menos extrema de las tolerancias. A esta unidad la llamamos generalmente "lemon" o "rogue".

Una unidad defectuosa a veces puede arreglarse si se sabe qué componentes están causando el problema y estos componentes pueden ser cambiados o reelaborados. Esta tarea se suele dejar en manos del fabricante, pero a menudo es demasiado cara o incluso imposible de realizar. En la mayoría de los casos de unidades defectuosas, lo más sensato es retirar la unidad errante del sistema de suministro. Aunque esto puede ser difícil de hacer con unidades tan caras como las utilizadas en los aviones modernos, ese coste debe compararse con el coste del mantenimiento continuo, así como con el coste de la reconstrucción de la unidad.

## PIEZAS FALSAS

No hay que confundir las unidades defectuosas con las piezas falsas. Las piezas falsas son aquellas construidas por vendedores o contratistas que no cumplen las especificaciones del fabricante original y, muy a menudo, las que se construyen sin autorización del fabricante original o de la autoridad reguladora. Estas piezas suelen ser más baratas, que es el principal atractivo, pero también son inferiores. Por lo general, tienen un alto índice de fallos, malas propiedades de desgaste u otras características de rendimiento perjudiciales. Aunque hay una diferencia considerable entre las unidades falsas y las que no lo son, el programa de fiabilidad de la aerolínea debería ser capaz de encontrar y eliminar ambos tipos.

## OTRAS DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS

La experiencia ha demostrado que el personal de mantenimiento aborda los problemas de forma diferente en función de su formación y experiencia. Los mecánicos tienden a buscar escritos anteriores u observan el equipo en funcionamiento antes de utilizar cualquier tabla o procedimiento de resolución de problemas. Los técnicos de aviónica, por el contrario, tienden a ir directamente a los gráficos o procedimientos. La principal diferencia radica en la naturaleza de las averías. Los equipos de aviónica (eléctricos y electrónicos) tienen esencialmente el mismo aspecto tanto si funcionan correctamente como si no. Pero muchas averías mecánicas pueden verse o palparse mediante una simple operación o pueden deducirse de la descripción de la tripulación sobre lo ocurrido. No todos los mecánicos o técnicos de aviónica trabajan igual y no todos los problemas justifican el mismo enfoque, pero es posible que muchos problemas puedan abordarse utilizando los sentidos; otros deben ir directamente a la teoría. Esto, por supuesto, difiere de un problema a otro y de una persona a otra.

## EL CONOCIMIENTO ES PODER

La herramienta más importante que puede tener para ayudarle en la resolución de problemas es un conocimiento sólido de cómo funciona el equipo y cómo se supone que debe utilizarlo el operador o el usuario. El funcionamiento incorrecto puede ocurrir de dos maneras diferentes, y esto debe distinguirse durante el proceso de resolución de problemas.

Si un operador no obtiene los resultados deseados del sistema, suele escribir una discrepancia. Es posible que el operario no sea consciente de que el sistema se ha manejado de forma incorrecta o de que algún interruptor estaba en la posición equivocada. Para él o ella es una anotación válida.

Ciertos usos incorrectos del equipo pueden provocar resultados erróneos y, en ocasiones, pueden llegar a dañar el equipo. Aunque, en este último caso, el equipo debe ser reparado o sustituido, la solución del problema (mal uso) también debe ser abordada. El error y su efecto en el equipo también pueden registrarse en el banco de conocimientos para su consulta en futuras soluciones de problemas.

## CONOCER EL SISTEMA

La resolución de problemas es esencialmente un proceso de reflexión. Comienza con un conocimiento profundo de cómo funciona el sistema. Conozca la teoría de funcionamiento del equipo o sistema. Conocer todas las funciones y modos de funcionamiento, si hay más de uno. Comprender qué componentes o circuitos son comunes a los distintos modos de funcionamiento y cuáles son específicos de cada modo. Entender qué otros sistemas tienen que estar funcionando para que su sistema obtenga todas sus entradas necesarias.

## CONOZCA LOS INDICADORES DE AVERÍA

Conozca qué bolas de avería, mensajes de avería, efectos de la cabina de vuelo, etc. se relacionan con el sistema, y comprenda qué indicaciones pueden y no pueden aparecer en cada modo operativo. Saber cómo abordar problemas específicos sin empezar por el principio de un árbol de fallos y realizar una serie de pasos innecesarios o no relacionados. Comprender qué disyuntores, fusibles y sistemas auxiliares (hidráulicos, neumáticos, eléctricos, etc.) son necesarios para el funcionamiento de su sistema.

## SABER QUÉ TIPO DE COSAS PUEDEN IR MAL EN SU SISTEMA.

Esto, por supuesto, varía con cada sistema. Utilice sus experiencias pasadas; utilice las experiencias de otros; utilice cualquier dato aplicable disponible de los programas de monitorización de condiciones o de los programas de fiabilidad; utilice la información de los consejos de servicio, las cartas de servicio y los boletines de servicio; hable con mecánicos, técnicos o ingenieros de otras empresas que utilicen el mismo equipo. En otras palabras, conozca su equipo a fondo.

## CONOZCA LOS SISTEMAS DE INTERCONEXIÓN

Además de saber qué sistemas deben funcionar para que el suyo funcione correctamente, también debe entender cómo estos otros sistemas o equipos se interconectan con el suyo. Comprenda qué disyuntores, fusibles y sistemas auxiliares (hidráulicos, neumáticos, eléctricos, etc.) son necesarios para el funcionamiento de estos sistemas de interconexión. Conozca y comprenda el efecto que tiene cada uno de estos sistemas en el suyo. Conozca las consecuencias si las entradas de estos sistemas de interconexión (lógicas, eléctricas, mecánicas, neumáticas o electromagnéticas) no están presentes o están presentes, pero no son correctas.

Saber qué indicaciones de fallo existirían para estos sistemas y determinar si alguno de ellos funciona mal. Saber qué efecto tiene esta avería en el sistema. Sepa si arreglar el problema del sistema de interconexión probablemente reducirá o eliminará su problema.

## SABER CÓMO SE UTILIZA EL SISTEMA

Conozca cómo utiliza el sistema el operario y qué espera del sistema durante esa operación. Su uso, correcto o incorrecto, puede afectar al funcionamiento del sistema, así como a sus esfuerzos de resolución de problemas. Los errores más comunes de los operadores o usuarios son (a) no encender el equipo; (b) no seleccionar el modo correcto; (c) no comprobar los ajustes correctos; (d) no comprobar los interruptores o fusibles. (Nota: Algunos de estos no son requisitos del usuario, pero otros sí. Depende del equipo y del funcionamiento).

Hay tres tipos de personas que interactúan con los equipos y sistemas: los usuarios, los operadores y los encargados del mantenimiento (véase el cuadro C-1). Cada uno de ellos tiene una visión diferente del equipo o sistema y una relación diferente con él. Por lo tanto, lo que saben sobre él y lo que necesitan saber sobre él varía ampliamente.

### TABLA C-1 DEFINICIONES

**Usuario:** Persona que se beneficia del equipo o sistema: un pasajero de un vehículo, un espectador de televisión, un oyente de radio o música grabada, un habitante de una casa o apartamento que disfruta de las ventajas de cualquier número de comodidades modernas. No tienen que saber cómo funcionan los aparatos, sólo tienen que saber cómo utilizarlos en su propio beneficio y cómo reconocer cuando no funcionan correctamente.

**Operador:** El que maneja o conduce el equipo: el piloto de un avión; el conductor de un camión, un autobús o un automóvil; el ingeniero de un generador Diesel que suministra energía eléctrica a una instalación. Estas personas pueden tener distintos grados de conocimiento sobre el funcionamiento del sistema, o sobre cómo se supone que debe funcionar, pero los detalles no son importantes. Cuando un operador utiliza un equipo, espera ciertas respuestas, ciertas indicaciones y ciertos resultados. Si no obtienen esa respuesta, consideran que el equipo funciona mal. No tienen tiempo ni, en algunos casos, conocimientos para averiguar qué es lo que falla. Ese es el trabajo del mantenimiento.

**Mantenedor:** Es el responsable del mantenimiento y la reparación del sistema: su relación con el equipo es muy diferente a la del operador o el usuario. El mantenedor no sólo se ocupa de la teoría detallada del funcionamiento del sistema y de sus numerosos componentes y subsistemas; debe conocer y comprender los fallos, los modos de fallo y otras anomalías del equipo. El mantenedor también tiene que saber cómo solucionar los problemas del sistema, cómo probarlo, cómo funcionan los equipos de prueba, etc. Además, para poder llevar a cabo el proceso de prueba y validación después de la reparación, también debe saber cómo operar y utilizar el sistema.

## NO DEJE QUE LA TEORÍA SE INTERPONGA EN SU CAMINO

Demasiada teoría puede ir en detrimento de la labor de resolución de problemas. Busque primero los problemas más sencillos y obvios: el equipo no está encendido, no se ha seleccionado el modo adecuado, se han fundido los fusibles o se han disparado los disyuntores, el funcionamiento es incorrecto, la unidad no está enchufada. Realice pruebas y mediciones de los problemas que no son tan obvios. ¿Son correctas las entradas y salidas? ¿Se reciben las señales adecuadas de otras unidades? A veces es fácil enfrascarse en esquemas, diagramas de cableado y manuales de mantenimiento cuando se ha pasado por alto alguna cosa sencilla.

## CONSTRUIR SU PROPIA BASE DE CONOCIMIENTOS

Muchas de las organizaciones modernas de mantenimiento de aeronaves tienen amplios sistemas informáticos que se utilizan para el registro de datos de mantenimiento, como los informes de los pilotos, los datos del programa de fiabilidad y los problemas encontrados durante el mantenimiento rutinario. Los registros muestran la discrepancia, la acción correctiva tomada, las piezas sustituidas, las pruebas realizadas e incluso las tripulaciones de vuelo, de cabina y de mantenimiento implicadas. Otros datos que se registran son la información de vuelo (tipo de avión, origen/destino, fase de vuelo en la que se produjo la discrepancia). Se puede acceder a esta base de datos siempre que se produzca un problema para que el mecánico o el técnico puedan determinar si se ha producido anteriormente el mismo problema o uno similar. Las acciones correctivas tomadas en estos fallos anteriores pueden utilizarse en la solución del actual.

Un buen mecánico o técnico, sin embargo, suele recordar sus propias experiencias con problemas anteriores y las soluciones que finalmente emplearon. Sin embargo, en la mayoría de las operaciones de las aerolíneas, los mecánicos pasan de un avión a otro, de un tipo a otro, en el transcurso de un día (o noche) de trabajo. Hacer un seguimiento de cada avión y cada fallo es difícil, si no imposible. Sin embargo, los supervisores de turno, el personal del centro de control de mantenimiento, así como los ingenieros de mantenimiento y fiabilidad deberían ser capaces de acumular una cierta cantidad de estos conocimientos en función de sus cargos y experiencia, con una ayuda considerable del ordenador. Hay pocos problemas que deban ser un completo misterio para todos en la organización.

## EXPERIENCIA

Una parte de la educación del personal de mantenimiento es la formación formal recibida en diversas escuelas técnicas y profesionales. Una parte es semiformal; es decir, la formación especial establecida dentro de la unidad de trabajo y las clases de formación impartidas por los fabricantes u otras compañías aéreas. El último aspecto de la formación del personal de mantenimiento es el personal. Los esfuerzos personales del mecánico a lo largo de su carrera consistirán en una educación continua -estudios tanto formales como informales-, la interacción con otras personas de mantenimiento y el esfuerzo competitivo por adelantarse a los compañeros de trabajo. Gran parte de esta formación vendrá de la experiencia. Trabajar en el mismo equipo día tras día le permite aprender de manera fácil, por pura repetición.

Lleve un registro de las averías que se producen en su sistema, equipo o vehículo. A pesar de la complejidad de algunos sistemas modernos, los mismos fallos suelen repetirse. Lo que salió mal la primera vez se arregló la primera vez, así que, si el problema se repite, la misma solución debería arreglarlo. Sin embargo, si el fallo no se solucionó adecuadamente o si se repite a menudo y a intervalos cortos, quizás la acción de reparación realizada fue insuficiente. En esos casos es necesario volver a solucionar el problema. Piense en una solución mejor -incluso si tiene que llamar a la dirección o al departamento de ingeniería- y luego recuerde la nueva solución.

#### FORMACIÓN CONTINUA

La formación continua de un mecánico o técnico tiene lugar en varios lugares: en el trabajo, en casa, en el trabajo y en el aula. En el trabajo, tienes el trabajo del día y la interacción con otros que trabajan en los mismos problemas o similares. Siempre tienes cerca copias de los manuales de mantenimiento. Una de las "artes" utilizadas en la resolución de problemas es la lluvia de ideas. Habla del problema con otras personas. Haz una hipótesis sobre el problema. Sugiere alguna solución posible y discute por qué podría ser la respuesta o por qué no puede serlo. Puedes ser tan rebuscado como quieras (si el tiempo lo permite), porque esto hace que la mente trabaje y ayuda a crear nuevas ideas. Pronto las respuestas correctas empiezan a asomar entre la niebla.

En casa, tienes tiempo para relajarte y dejar que tu mente se ocupe de otras cosas. Esa sería tu mente consciente, por supuesto. Afortunadamente (o no), tu mente subconsciente sigue trabajando en cualquier problema que le hayas planteado. Con un almacén bien organizado de conocimientos e información, tu mente subconsciente puede desarrollar soluciones para ti mientras estás jugando. Pero ten cuidado: pueden aparecer en momentos inoportunos y embarazosos. No obstante, una mente bien organizada es una de tus mejores herramientas para solucionar problemas.

En clase, ya sea un curso formal, una clase de formación de la empresa o una formación en el puesto de trabajo; ya sea un material nuevo o una formación de repaso, tienes la oportunidad de aprender, reaprender y aprender de nuevo, tiene la oportunidad de aprender, reaprender y llenar las lagunas de sus conocimientos de los estudios anteriores. Siempre se puede aprender más, incluso si todo lo que se hace es repetir lo que ya se sabe o se explica algo a un compañero de trabajo. Una cosa es lo que uno sabe y otra es ponerlo en palabras para que otros lo oigan o lean. Un profesor de ingeniería eléctrica que tuvo este autor en la universidad le dijo a la clase: "Si queréis saber cuánto entendéis realmente de estas cosas, intentad explicárselo a alguien que no tenga ninguna formación técnica. Si puedes hacerlo con éxito, es que conoces tu materia".

#### COMPRENDER LA SECUENCIA DE EVENTOS

Hay varias secuencias de eventos asociadas con casi todos los sistemas que encontrará en sus actividades de mantenimiento y solución de problemas y necesita entenderlas todas. La primera es la secuencia de encendido y configuración de un sistema para su uso. La segunda es la secuencia operativa de un sistema que funciona correctamente mientras está en uso y mientras se cambia entre los modos operativos. La tercera y última secuencia que hay que entender es la secuencia de eventos que conducen al fallo actual. A continuación, se ofrece una explicación más específica.

#### SECUENCIA DE EVENTOS PARA ENCENDER EL SISTEMA EN FUNCIONAMIENTO

Conozca cómo el sistema es encendido, alimentado, sintonizado, ajustado, posicionado, etc. por el operador o usuario al inicio de las operaciones, así como durante las operaciones normales en curso. Esto incluye que los interruptores y los interruptores automáticos estén en las posiciones correctas, así como que se enciendan o apaguen otros equipos. Es importante conocer esta secuencia y compararla con la utilizada realmente por el operador. Como hemos dicho antes, el procedimiento incorrecto puede ser un problema del operador, y la formación del operador o del usuario puede ser la solución al problema. Por otro lado, el uso incorrecto del sistema puede hacer que el equipo o el sistema se dañe o se estropee. El solucionador de problemas debe conocer esto y saber cómo determinar si este es el caso del sistema en el que está trabajando.

#### SECUENCIA DE EVENTOS DENTRO DEL SISTEMA OPERATIVO

*Conocer el funcionamiento interno del sistema, es decir, conocer la secuencia normal de eventos que se producen durante el funcionamiento o uso normal del sistema. Saber lo que hace mientras está en funcionamiento, cuándo lo hace (por ejemplo, en vuelo, en tierra, en conjunción con ciertas otras acciones realizadas o con otros equipos en uso), y saber en qué parte de la secuencia pueden y no pueden ocurrir ciertas acciones, respuestas e indicaciones de fallos. Conocer la secuencia de eventos en cada modo y las secuencias involucradas en la transición de un modo a otro. Esto puede ser útil para seguir la explicación del usuario sobre el funcionamiento del sistema justo antes de la avería (véase la siguiente sección).*

## **SECUENCIA DE ACONTECIMIENTOS QUE CONDUCEN A LA AVERÍA**

*Conozca la secuencia de acontecimientos que condujeron a la degradación del rendimiento, el fallo o la avería. Esto debe obtenerse del usuario u operador que estaba "a los mandos" del sistema cuando se produjo la disfunción. Es muy importante conocer esta secuencia en muchos esfuerzos de resolución de problemas, porque esta secuencia de eventos puede revelar un patrón de desarrollo o una indicación, no sólo de la falla, sino también la posible ubicación de la falla.*

## **OCHO CONCEPTOS BÁSICOS DE LA LOCALIZACIÓN DE AVERÍAS**

*Una parte del proceso de localización de averías es el conocimiento y la experiencia; el resto es una combinación de procedimientos lógicos, innovación y, a veces, suerte. La simplicidad de ciertos equipos o sistemas puede permitir la omisión de algunos de los siguientes pasos, mientras que la complejidad de otros puede requerir un procedimiento más detallado. Los siguientes ocho conceptos deberían cubrir la mayor parte de sus esfuerzos de resolución de problemas.*

1. *Conozca su equipo. Cuando se trata de solucionar problemas en cualquier sistema, por simple o complejo que sea, nada le servirá mejor que un buen conocimiento de cómo funciona el sistema. Conozca todas sus funciones, sus modos de funcionamiento y los modos de fallo y sus efectos en cada modo y función.*
2. *Conozca cómo funcionan los controles y las pantallas. El proceso de localización de averías suele requerir el manejo y ajuste de los distintos controles e interruptores del equipo, para encenderlo, someterlo a diversas pruebas y comprobar su funcionamiento general. Conozca cómo utiliza el operador el equipo y qué modos o configuraciones utiliza. Esto le ayudará a entender lo que le dicen en los informes de avería que le entregan.*
3. *Conozca cómo se interconectan otros equipos con los suyos. Conozca qué equipos auxiliares están conectados al sistema o equipo en el que está trabajando (incluido el BITE). Muchos de los sistemas de aviación actuales dependen de las entradas de otros sistemas. A veces, las entradas eléctricas, electrónicas y/o mecánicas de los equipos auxiliares afectan a la operación y al funcionamiento de su propio sistema. Estas interacciones deben ser conocidas y sus efectos deben ser conocidos, tanto el efecto en su sistema cuando el equipo de interconexión está funcionando correctamente como cuando no lo está. También debe conocerse el efecto en su sistema cuando la señal de entrada no existe o es incorrecta.*

*Conozca las salidas de su sistema y su destino. Comprenda cómo otros equipos que reciben sus salidas pueden afectar a su propio equipo. Las entradas incorrectas o ausentes de su sistema pueden afectar a los datos de retorno; el cortocircuito o el bloqueo de las entradas de su sistema por parte de los equipos auxiliares también podría afectar a su sistema. Esto difiere de un sistema a otro.*

4. *Conozca y comprenda los documentos de mantenimiento. Los manuales de mantenimiento, esquemas y diagramas de cableado suministrados con el equipo son su mejor fuente de información sobre el funcionamiento de su equipo o sistema. También proporcionan datos sobre los equipos que interactúan con el suyo y cómo funcionan. Los documentos le indicarán cómo encender y hacer funcionar el equipo (el suyo y el de ellos) y qué requisitos previos y precauciones son necesarios para un funcionamiento seguro; es decir, los sistemas eléctricos, hidráulicos o neumáticos que deben estar encendidos o apagados, qué disyuntores deben estar encendidos o apagados, y requisitos de configuración similares durante las pruebas y la resolución de problemas.*
5. *Aborde el problema de forma sistemática y lógica. Una vez que se ha realizado la preparación necesaria para acomodar los pasos anteriores, puede comenzar la resolución de problemas propiamente dicha. Hay que proceder de forma sistemática y lógica desde los síntomas conocidos hasta la causa. Esto es más fácil de decir que de hacer, por supuesto. El primer enfoque sería seguir la pista obvia, luego la no tan obvia y, finalmente, si esos enfoques no funcionan, empezar a abordar lo improbable o lo aparentemente imposible.*
6. *Analizar la información disponible a la luz del funcionamiento del equipo. Al principio de la localización de averías deben hacerse algunas determinaciones básicas para establecer el plan de ataque. Los cinco pasos siguientes son orientativos:*
  - (a) *Determinar qué funciona y qué no funciona correctamente. Si hay dos o más modos o funciones defectuosas, determine si hay elementos comunes entre ellas (o entre ellas) y busque una causa común.*
  - (b) *Determinar si el equipo funciona correctamente, pero de forma imprecisa, o determinar si funciona de forma incorrecta o no funciona en absoluto.*
  - (c) *Determine si uno, varios o todos los modos de funcionamiento están afectados. A partir de estos síntomas, centrarse en el área problemática adecuada determinando en qué área(s) podría (o debe) estar el problema.*

(d) Identifique qué otros sistemas interactúan con el suyo y determine sus efectos (si los hay) en el problema en cuestión.

(e) Analice cómo se utiliza o maneja el equipo.

El cuadro C-2 enumera una serie de preguntas específicas que deben formularse y para localizar un problema, pero no todas las preguntas son necesarias en todos los casos. Determinar cuáles son las que se deben hacer y responder, por supuesto, es parte del "arte" de la resolución de problemas.

#### TABLA C-2 PREGUNTAS PARA LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

*Historial del problema:* ¿Existen registros -en papel, en la computadora o en la memoria humana- de alguna falla o mal funcionamiento anterior que sea igual o similar al que se está investigando? En caso afirmativo, ¿cuáles fueron las similitudes? ¿Las medidas correctivas adoptadas han corregido el problema? Si no, ¿por qué no? Si fue la solución correcta para el problema anterior, ¿se aplicaría al problema actual?

*Funcionamiento:* ¿Se encendió el equipo defectuoso? ¿Estaban cerrados todos los disyuntores necesarios y/o los fusibles instalados y reparables? ¿Estaba el sistema funcionando correctamente cuando se produjo el problema?

*Cables de alimentación/señal:* En el caso de los equipos electrónicos, ¿estaba la caja negra correctamente asentada en su bastidor (bastidores que incorporan conectores)? ¿Estaban todos los conectores bien colocados y asegurados? ¿Hay fusibles fundidos o disyuntores activados en el equipo defectuoso? Si se sustituyen o restablecen, ¿desaparece el problema? (El fallo original podría deberse a una subida de tensión y no a una avería. Para eso están los fusibles y los disyuntores).

*Sistemas múltiples:* Si el sistema o el equipo que está investigando tiene entradas y/o salidas a otros equipos o sistemas, ¿estaban estos equipos o sistemas funcionando correctamente? ¿Estaban bien conectados? Compruebe las bolas de avería, los mensajes de avería, los escritos, etc. relacionados con estos otros sistemas.

*Sistemas de interconexión:* ¿Estaban todos los sistemas eléctricos, hidráulicos y/o neumáticos necesarios para el funcionamiento de su sistema correctamente conectados y funcionando?

*Entorno:* En el caso de los sistemas que dependen de la información de una estación de tierra, ¿estaba la estación de tierra conectada y funcionando correctamente? ¿Estaba la aeronave dentro del alcance de la estación de tierra? ¿Había alguna interferencia (es decir, campos radiados de alta o campos radiados de baja intensidad) en las inmediaciones que pudieran causar el problema con su equipo?

7. Sea capaz de realizar procedimientos completos de comprobación en el equipo y de entender los resultados. Normalmente hay procedimientos establecidos para comprobar un sistema: (a) comprobaciones en tierra en la aeronave (comprobaciones operativas, pruebas funcionales); (b) comprobaciones en banco en el taller; (c) equipo de prueba incorporado (BITE) en la propia unidad. El sistema BITE puede tener un fallo interno que dé lugar a una indicación errónea. En todos los casos, debe entender lo que estos procedimientos le indicarán y lo que no.
8. Ser capaz de utilizar las herramientas adecuadas y el equipo de prueba necesario para el trabajo. Muchas actividades de localización de averías se ven ayudadas y mejoradas por el uso de herramientas y/o equipos de prueba comunes o especializados. El conocimiento y la comprensión de cómo deben usarse estas herramientas y cómo funcionan estos equipos es esencial para la aplicación efectiva de los mismos en la resolución de problemas. Conozca las capacidades y limitaciones de estas herramientas y de este equipo, así como las del sistema que está solucionando. Es igualmente importante que sea capaz de determinar si las herramientas y el equipo de prueba funcionan correctamente o no.

#### RESUMEN

La resolución de problemas no es una conjeta, no es un enfoque al azar para la resolución de problemas y no es una escopeta o una técnica de tiro en la oscuridad. Si no entiendes esto, te has perdido el objetivo de este apéndice. Si no lo sabe, tendrá dificultades para resolver problemas y arreglar sistemas complejos.

Definimos a un solucionador de problemas como alguien que localiza y resuelve problemas. La resolución de problemas, por tanto, es el arte y la ciencia de localizarlos. La palabra clave en ambas afirmaciones es localizar. Hay que buscar, centrarse en el problema utilizando técnicas sistemáticas y específicas, sistemáticas y enfocadas. Por supuesto, una vez que se han encontrado los problemas, se pueden corregir.

El término "solución de problemas de escopeta" es una palabra de cuatro letras. Lo sé, son dos palabras y 22 letras; pero, aun así, es un término sucio, obsceno e inaceptable. El enfoque de la escopeta implica disparar con un amplio patrón de

tiro y esperar dar con algo. Es un signo de un pobre solucionador de problemas, un signo de alguien que se ha rendido y está buscando a tientas en la oscuridad una respuesta.

A partir de este momento, debes considerar la resolución de problemas como un enfoque sistemático para encontrar problemas (averías). Conocerás tu equipo, conocerás tu profesión (la de solucionador de problemas) y mejorará tanto en el arte como en la ciencia a medida que prosigas tu carrera. Buena suerte y que todos tus problemas sean localizados.

#### ANEXO D

#### INVESTIGACIÓN DE LAS ALERTAS DE FIABILIDAD

##### INTRODUCCIÓN

Durante una visita a una pequeña pero importante aerolínea internacional para ayudar en su programa de fiabilidad, el jefe del departamento de ingeniería -que era nuevo en el trabajo y no tenía muchos años de haber salido de la universidad- le preguntó al autor: "¿Cómo hago para investigar estas alertas de fiabilidad?" No era una pregunta que se respondiera rápida o brevemente. La suposición de que los ingenieros sabrían qué hacer no siempre es válida, porque encontrar un problema ya es bastante difícil, y saber por dónde empezar y cómo proceder para resolverlo no suele ser más fácil. La respuesta dada era general pero aceptable. Más tarde, al escribir este libro, el autor amplió la explicación al material de este apéndice. El proceso resultante no encontrará todas las respuestas, y no le proporcionará procedimientos de corte y secado, pero debería ayudarle a centrarse en los problemas únicos que deberá resolver en estas investigaciones de fiabilidad. Comenzaremos con una revisión de la fiabilidad y una rápida discusión del proceso interfuncional de las investigaciones de fiabilidad que se muestra en la Fig. D-1. Esta discusión será seguida por los procesos de investigaciones preliminares y detalladas en las Fig. D-2 a D-5.

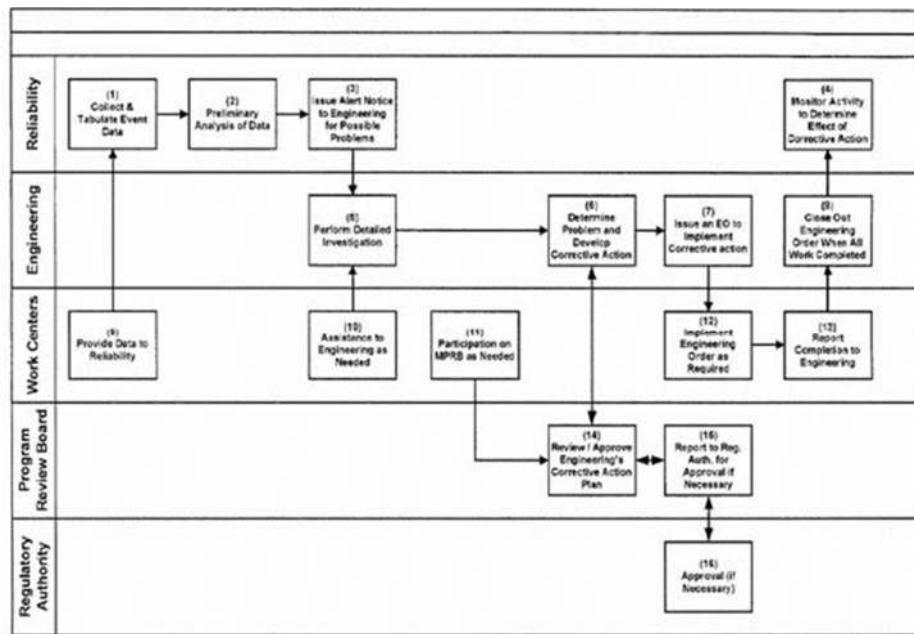
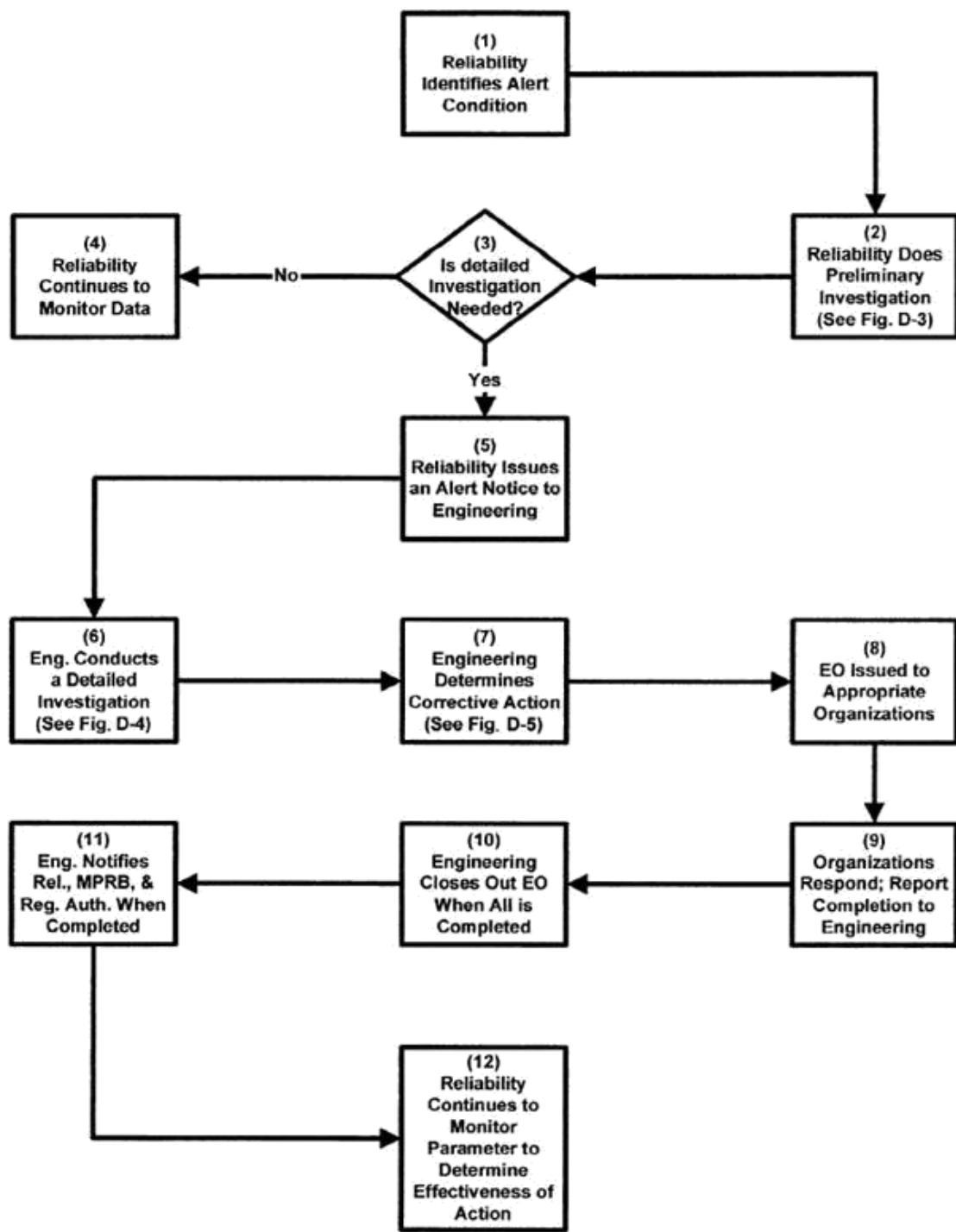


Figura D-1 Alertas de fiabilidad: un proceso interfuncional.



*Figura D-2 Análisis de las alertas de fiabilidad.*

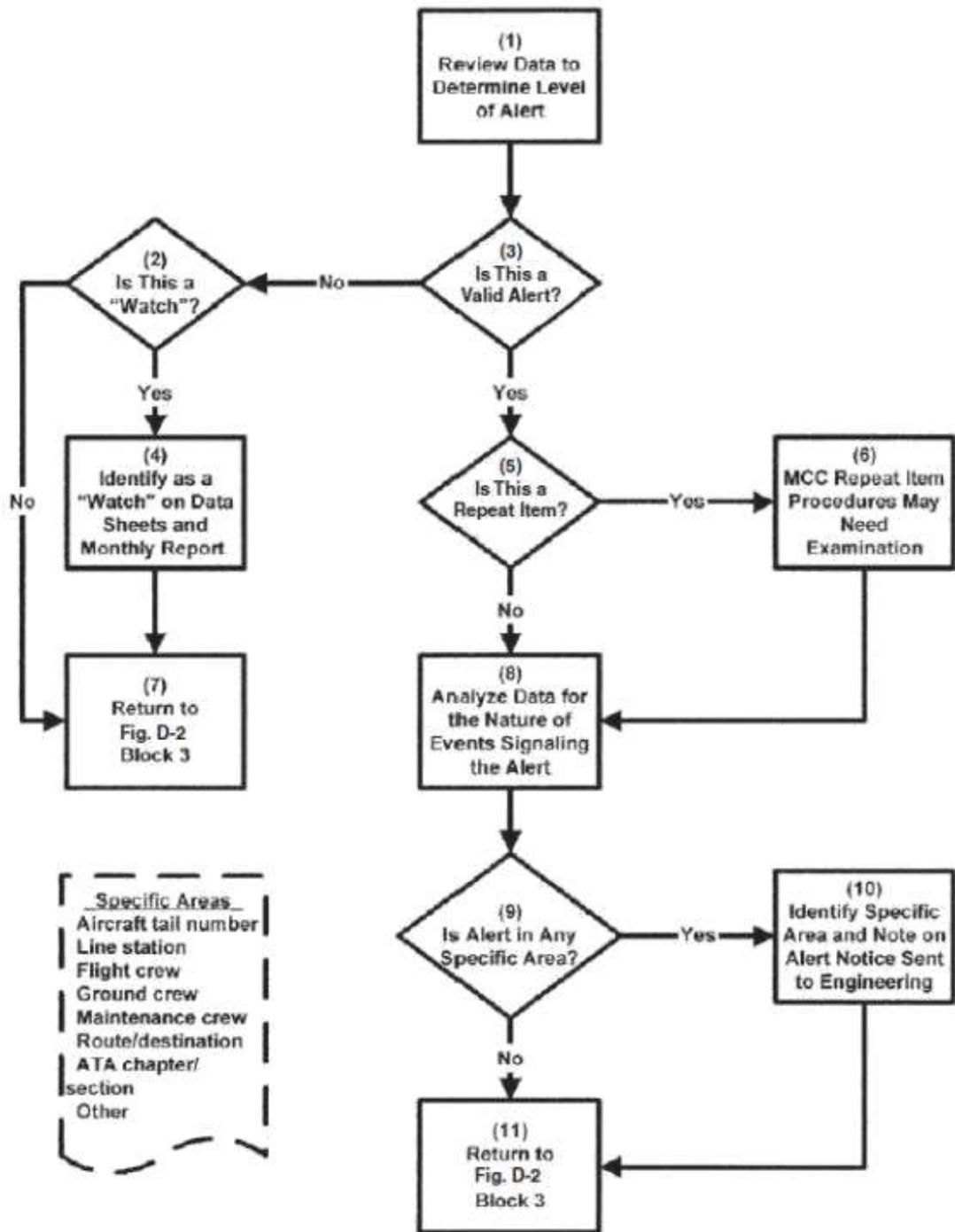


Figura D-3 Investigación preliminar de las condiciones de alerta.

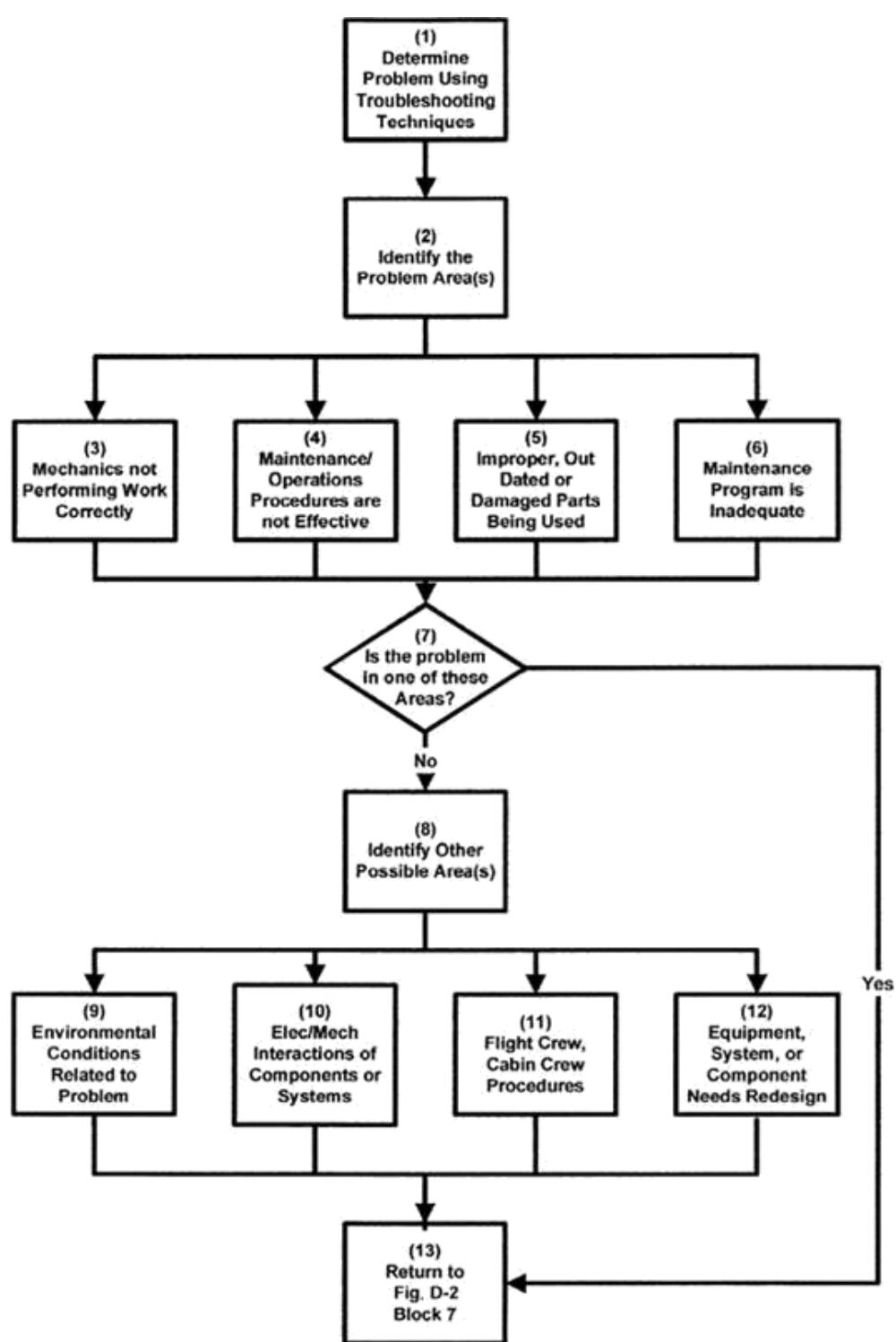


Figura D-4 Investigación detallada de las condiciones de alerta.

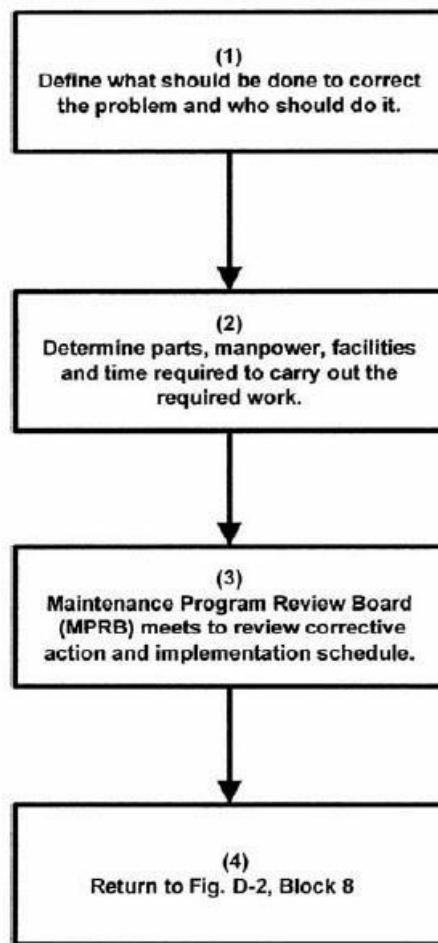


Figura D-5 Determinación de la acción correctiva.

#### UNA REVISIÓN DE LA FIABILIDAD

Un programa de fiabilidad es un conjunto de normas y prácticas para gestionar el mantenimiento y controlar el programa de mantenimiento. Los programas de fiabilidad proporcionan auditorías continuas de las actividades de mantenimiento y establecen normas para determinar los intervalos entre las revisiones, las inspecciones y las comprobaciones de los fuselajes, los motores y los aparatos. El programa de fiabilidad mide el rendimiento de los equipos con respecto a las normas establecidas para identificar las áreas problemáticas e iniciar acciones correctivas.

Para las aerolíneas medianas y grandes (10 aviones o más), se suele emplear un programa de fiabilidad basado en el análisis estadístico. En este programa orientado a la estadística, la utilización de niveles de alerta y líneas de tendencia ayuda al operador a limitar el número de elementos a investigar. Para las aerolíneas con un número reducido de aviones, un programa de fiabilidad orientado a la estadística no es realmente factible debido a la pequeña cantidad de datos disponibles. Para estas aerolíneas más pequeñas, un enfoque consiste en revisar e investigar todas las averías y retiradas. Esto se llama un programa de fiabilidad orientado a los eventos; es decir, se investiga cada evento. Otra opción es utilizar datos históricos; es decir, datos de años (o meses) anteriores para juzgar el rendimiento actual. En cualquiera de los dos casos, es necesario un enfoque sistemático del problema.

Todas las alertas generadas por el programa de fiabilidad basado en estadísticas deben ser investigadas y se debe actuar en consecuencia. Esta función suele estar a cargo de la ingeniería. Los ingenieros responsables de cada área - componentes, fuselaje, sistemas y planta motriz deben proporcionar análisis y recomendaciones de acciones correctivas a la junta de revisión del programa de mantenimiento (véase el capítulo 18 para la composición de la junta de revisión del programa de mantenimiento). Estas acciones correctivas pueden variar desde acciones puntuales hasta mejoras en toda la flota y cambios en el programa de mantenimiento. Las alertas suelen dar lugar a modificaciones de los equipos; a la corrección de los procesos del taller, la línea o el hangar; a la eliminación de piezas defectuosas; a la formación adicional de los mecánicos; o a cambios en los intervalos de mantenimiento. Dado que cada problema es único, cada solución es también única.

#### INVESTIGACIÓN DE ALERTAS: UNA ACTIVIDAD INTERFUNCIONAL

*La figura D-1 es un gráfico interfuncional que representa la identificación y el procesamiento de una alerta de fiabilidad. Esto no es algo hecho exclusivamente por el departamento de fiabilidad o por el departamento de ingeniería. Involucra a varias unidades dentro de la organización de mantenimiento e ingeniería que trabajan juntas para evaluar el problema y desarrollar una solución satisfactoria. Este es sólo un ejemplo de la necesidad de cooperación interfuncional en las actividades diarias que comentamos en el capítulo 7. A continuación se ofrece una breve explicación del proceso. Los números entre paréntesis se refieren a los números de bloque de la Fig. D-1.*

*La sección de fiabilidad (1) recoge y tabula los datos enviados por los distintos centros de trabajo de M&E (9) de forma continua. Mensualmente, estos datos se grafican y analizan (2) para determinar posibles problemas en la actividad de mantenimiento. Dichos problemas se presentan a ingeniería (3), cuya responsabilidad es analizar el problema en detalle (5), utilizando las aportaciones adicionales que sean necesarias de los distintos centros de trabajo de M&E (10), y desarrollar un plan de acción correctiva (6) para resolver el problema. Este plan es revisado por la junta de revisión del programa de mantenimiento (14) que incluye a personas de los centros de trabajo afectados (11). Si es necesario, la MPRB se pondrá en contacto con la autoridad reguladora (15) para su aprobación (16). Una vez aprobado por la MPRB, el plan de acción correctiva se devuelve a ingeniería, y el plan se emite en forma de orden de ingeniería (OE) (7) a todos los centros de trabajo aplicables. Cada centro de trabajo lleva a cabo su parte del plan de acción correctiva (12), coordinándose según sea necesario con otros centros de trabajo, y notifica a ingeniería (13) cuando se ha completado. Cuando todos los centros de trabajo han informado de la finalización de su parte del trabajo, ingeniería cierra la OE (8) y notifica a fiabilidad dicha acción. A continuación, Fiabilidad sigue supervisando el parámetro para determinar la eficacia de la acción correctiva (4).*

*Cada problema, por supuesto, es único, y los centros de trabajo implicados en el desarrollo y/o implementación de la solución variarán, pero el proceso es esencialmente el mismo. La mayor parte de la responsabilidad recae en ingeniería, ya que son los expertos técnicos de M&E y también los desarrolladores del programa de mantenimiento. En los siguientes apartados se analizan detalladamente los procesos de investigación preliminar de fiabilidad y detallada de ingeniería.*

#### **CENTRARSE EN EL PROBLEMA**

*No todos los problemas requieren la misma actuación. Muy a menudo, la naturaleza del problema o el lugar donde se produce el problema determinará el curso de acción. Por ejemplo, digamos que existe una alerta en el capítulo 33 de ATA, Luces. El primer paso en la investigación sería revisar los datos de fiabilidad que generan esta alerta y determinar si el índice excesivo está relacionado con un sistema de iluminación específico (panel, estroboscopio, aterrizaje, etc.) o está distribuido por todo el capítulo (es decir, todas las luces, todos los subcapítulos). Algunos capítulos de la ATA, como el 33 o el 25, contienen muchos tipos de sistemas, mientras que otros, por ejemplo, el 29 o el 32, son más limitados. En cualquier caso, la investigación podría proceder de varias maneras en función de la distribución de las averías en un capítulo determinado.*

*En el caso de que el problema se concentre en un área (una o dos secciones del capítulo ATA), la investigación del problema debería proceder al tipo de equipo implicado. Compruebe el historial de mantenimiento del elemento para ver qué ha ocurrido en el pasado en términos de fallos y acciones de reparación. Compruebe la idoneidad de estas acciones. Compruebe la documentación actual para ver si el mantenimiento y las inspecciones (si son necesarias) se han realizado correctamente. Si los procedimientos de mantenimiento parecen ser inadecuados o parecen haberse realizado incorrectamente, evalúe los procedimientos para determinar si hay una discrepancia en el procedimiento o consulte a los mecánicos para determinar si hay un malentendido por su parte en cuanto a cómo debe realizarse el procedimiento. La acción correctiva requerida puede consistir en reescribir y mejorar los procedimientos o en proporcionar a los mecánicos una formación adicional o correctiva sobre el equipo y/o los procedimientos.*

*En el caso de que los fallos (desmontajes, etc.) se distribuyan por todos los subcapítulos del capítulo de ATA, la implicación es que existe un problema común en todas las actividades del capítulo. Esto podría significar que hay algo que falla en los procedimientos del taller, la línea o el hangar, o en los mecánicos o especialistas que trabajan en estos equipos. También podría haber un problema de piezas de alguna fuente común (fabricante, vendedor, proveedor o centro de reparación).*

*Otra área en la que centrar la investigación inicial es determinar si el problema está relacionado con un avión específico (es decir, el número de cola del avión), un modelo de avión específico, un tipo de motor específico, una estación específica (línea o casa), o incluso un turno, tripulación o mecánico específico. Una vez más, el curso de acción vendría dictado por estas condiciones.*

*Una nota final: el enfoque del análisis difiere para los sistemas, los componentes y los eventos. En la siguiente discusión se dan algunas pautas de estos diversos enfoques.*

## ACERCA DE LOS DIAGRAMAS DE FLUJO DEL ANÁLISIS DE ALERTAS

El proceso de investigación se ha desglosado y mostrado en cuatro diagramas de flujo interconectados (Figs. D-2 a D-5). El primero, la Fig. D-2, es el gráfico general. Se remite a cada uno de los otros para obtener detalles de partes específicas del proceso. Discutiremos el proceso, paso a paso, pasando de un diagrama de flujo a otro según sea necesario. Esto le dará una idea del proceso de flujo total. Cada posible alerta dará lugar a un recorrido diferente a través de los diagramas y puede implicar más o menos acciones en los distintos pasos. Como referencia, los bloques de los organigramas están numerados. Estos números se muestran entre paréntesis en el texto; por ejemplo, bloque (7).

Figura D-2, bloque (1): La fiabilidad ha identificado una posible área problemática basándose en el nivel de alerta establecido para el parámetro y en los índices de eventos del mes actual y del anterior. Figura D-2, bloque (2): El primer paso es que la fiabilidad realice una investigación preliminar.

Esto nos lleva a la figura D-3, bloque (1). La investigación preliminar implicará varias acciones, dependiendo de las condiciones, para determinar si se trata de una alerta válida. Considere la tasa de eventos actual y el patrón general de las tasas de eventos: amplias oscilaciones de la tasa de eventos por encima y por debajo del UCL y el comportamiento de las tasas mensuales y trimestrales. Determine si se trata de una actividad normal (no hay alerta), de una condición que necesita ser vigilada (observar las tendencias) o de algo que puede requerir una acción adicional (posible necesidad de investigación). Si la respuesta a la pregunta del bloque (3) es "no", la siguiente pregunta, el bloque (2), pregunta si se trata de una "vigilancia". Si la respuesta es "sí", la fiabilidad lo identifica como tal en las hojas de datos y en el informe mensual de fiabilidad (4). Para ese artículo concreto, volvemos a la casilla (3) de la figura D-2. Si no es un reloj, es decir, si la respuesta al bloque (2) de la Fig. D-3 es "no", entonces se pasa directamente al bloque (7). Esto le devuelve al bloque (3) de la Fig. D-2 con una respuesta "no" a su pregunta. Sin embargo, ¿qué ocurre si la respuesta al bloque (3) de la Fig. D-3 es "sí" y tenemos una alerta válida? Pase a la siguiente pregunta de la Fig. D-3, el bloque (5).

Determine si la alerta también implica un elemento repetido. Los elementos repetidos suelen definirse en el documento del programa de fiabilidad o en el Ops Specs como eventos que se producen tres veces en un plazo de 5 días (o cuatro veces en 7 días). Deben ser investigados por el MCC en el momento. Si un elemento de alerta de fiabilidad es también un elemento repetido, ambos pueden estar relacionados o no. Este hecho debe anotarse y el departamento de ingeniería debe realizar una investigación. Es posible que los procedimientos del CCM para los elementos repetidos sean ineficaces o no se empleen adecuadamente. También es posible que no haya ninguna relación entre las dos condiciones. Ingeniería lo determinará más adelante en su investigación detallada.

Tanto si el elemento de alerta es un elemento repetido como si no lo es, la fiabilidad continúa analizando los datos en el bloque (8) para determinar si esta condición de alerta se muestra en algún área específica como las indicadas en la tabla lateral "Áreas específicas". La forma en que se recogen los datos puede ayudar en este análisis. Por ejemplo, los datos podrían contabilizarse por números ATA de dos, cuatro o seis dígitos, por estación, tripulación, etc. Si la respuesta a la pregunta del bloque (9) es "sí", esta información se anota para utilizarla en la notificación de alerta enviada a ingeniería (10) para ayudar en su investigación. Para cualquiera de las dos respuestas (sí o no) pasamos al bloque (11) y volvemos a la figura D-2, bloque (3).

En la figura D-2, bloque (3) se pregunta si es necesario realizar una investigación detallada. Tras la investigación preliminar, hemos determinado que "sí", por lo que la fiabilidad emite un aviso de alerta a ingeniería (5) especificando la condición y solicitando una investigación. Si, en la Fig. D-3, identificamos una posible relación con un elemento repetido o identificamos algún área específica de interés, esto también se anotaría en el aviso de alerta. El bloque (6) de la Fig. D-2 nos envía a la Fig. D-4, bloque (1): investigación detallada.

## LA INGENIERÍA COMIENZA EL ANÁLISIS UTILIZANDO TÉCNICAS CONVENCIONALES DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Técnicas convencionales de localización de averías, teniendo en cuenta que los diferentes problemas, debido a su naturaleza, requerirán diferentes enfoques. El primer paso, sin embargo, es identificar correctamente el problema. Se ha dicho que la identificación correcta del problema es el 90% de la solución. Si el problema está mal identificado o es incorrecto, la solución posterior será ineficaz.

Anteriormente concluimos que todos los problemas se encuadran en una de las seis categorías básicas: personas, procedimientos, piezas, programa de mantenimiento, interferencias o diseño de los equipos (véase el capítulo 18). En aras del análisis, los dividiremos en dos categorías más amplias. Las causas más probables se muestran en la Fig. D-4 como bloques (3) a (6) y las causas que son un poco más raras se muestran en los bloques (9) a (12). Cada una de ellas se abordará en detalle.

*Personas (3): Los mecánicos pueden no estar realizando las tareas correctamente. Esto puede referirse tanto a las tareas de mantenimiento programadas como a las no programadas. Las habilidades inadecuadas del mecánico para la resolución de problemas también pueden ser un problema. Si se determina que ésta es la causa de la elevada tasa de incidencias (es decir, la alerta), la solución más probable será la formación de los mecánicos. Esto podría ser cualquier cosa, desde un recordatorio para adherirse a los procedimientos adecuados hasta una formación completa en el aula sobre algún área de mantenimiento. La naturaleza exacta, por supuesto, debe determinarse a través de la investigación detallada realizada por la ingeniería.*

*Procedimientos (4): Una segunda fuente de problemas pueden ser los procedimientos de mantenimiento, de resolución de problemas o de otro tipo que se utilizan para llevar a cabo las actividades de mantenimiento y revisión requeridas. Los procedimientos del AMM, el informe del MRB o las especificaciones operativas de la aerolínea pueden ser erróneos o inadecuados. Esto puede requerir una consulta con el fabricante. Los procedimientos utilizados podrían haber sido modificados o creados por la aerolínea, y éstos podrían ser ineficaces o incorrectos. Además, el procedimiento podría ser malinterpretado por el mecánico debido a la forma en que está escrito. Estas causas requerirían una reescritura del procedimiento, una nueva formación del mecánico, o ambas.*

*Piezas (5): Las piezas pueden ser una fuente de problemas y de varias maneras. Pueden utilizarse piezas inadecuadas porque los procedimientos de extracción de piezas de los almacenes han permitido que se expidan piezas incorrectas o el número de pieza. Puede tratarse de un problema de personal o de material (o de ambos). Otra posibilidad de un problema causado por las piezas podría recaer en los proveedores de piezas. Podrían proporcionarle piezas que no cumplen las especificaciones requeridas (piezas de calidad inferior o falsas). Si las piezas son reparables, es posible que el centro de reparación responsable (el suyo o el de un tercero) no esté funcionando a la altura. Es responsabilidad del control de calidad auditar las unidades de M&E, así como a los proveedores externos, y repetir ese esfuerzo puede ser parte de la solución a la condición de alerta que se está investigando. Las piezas también podrían dañarse durante la instalación o el envío. Los procedimientos de manipulación por parte de los mecánicos, el personal de material y los transportistas pueden ser culpables en este caso. En algunos casos de piezas limitadas en el tiempo, la pieza puede haber caducado sin previo aviso por parte de la sección de material o del instalador.*

*Estos problemas con las piezas podrían abordarse a varios niveles: la formación de los mecánicos sobre el dibujo y la manipulación de las piezas; el procesamiento, la manipulación y el almacenamiento de las piezas por parte de material; los procedimientos de los proveedores de piezas y los contratistas (mantenimiento de terceros). En todos los casos, es responsabilidad del departamento de ingeniería determinar la causa y establecer una solución adecuada.*

*Programa de mantenimiento (6): La ingeniería decidió desde el principio qué tareas de mantenimiento se utilizarían, cuáles serían los intervalos de las tareas (si fueran diferentes) y cómo se programarían las tareas y los paquetes de comprobación. Como es de esperar, este plan original puede resultar menos que perfecto para las condiciones operativas reales. Como se indica en el capítulo 2, es posible que estas tareas e intervalos, así como sus combinaciones y fases, deban modificarse en función de la experiencia, tal y como muestran los datos de fiabilidad. Por lo tanto, la investigación de ingeniería de las condiciones de alerta puede indicar la necesidad de cambiar este programa de mantenimiento ideal. Pueden añadirse o eliminarse tareas; pueden acortarse los intervalos; incluso pueden desarrollarse nuevas tareas. También podría ser necesario incorporar modificaciones (SBs, SLs o incluso ADs) que fueron previamente rechazadas para resolver el problema que generó la condición de alerta actual.*

*Estas áreas representan la mayor parte de los problemas comunes encontrados. El bloque (7) de la Fig. D-4 pregunta si el problema está en una (o más) de estas áreas. Si la respuesta es "sí", se dirige al bloque (13) y de nuevo a la Fig. D-2, bloque (7). Si la respuesta es "no" a esta pregunta -lo que significa que no se ha identificado la causa de la condición de alerta- entonces proceda al bloque (8) de la Fig. D-4 para identificar otras áreas posibles. Estas son áreas que, aunque raras, siguen siendo posibilidades claras. Se abordan en los bloques (9) a (12) de la Fig. D-4.*

*Condiciones ambientales (9): Cuando una aeronave se encuentra en la pista, hay muchas condiciones de vuelo que ya no existen y no pueden ser duplicadas. Estas son las temperaturas extremas (altas y bajas), la vibración y el sometimiento prolongado de los equipos instalados a estas condiciones. En condiciones normales en tierra y en el entorno "prístico" de un taller o un laboratorio, el equipo puede funcionar perfectamente; el resultado de la prueba en tierra es "no se ha encontrado ningún fallo", NFF (véase el Apéndice C para un análisis de NFF). Sin embargo, para aislar cualquier problema, hay que tener en cuenta y, si es posible, duplicar las condiciones exactas en las que se produjo el fallo original. Esto puede requerir que un mecánico, técnico o ingeniero vuele con la aeronave para observar y luego resolver el problema. En algunos casos (raros), puede ser necesario un vuelo especial no regular para lograrlo.*

Otras fuentes ambientales de problemas en los equipos pueden ser el clima, la corrosión, la arena o el polvo. Esto puede variar de una aerolínea a otra en función de su sede y de los lugares a los que vuela. No obstante, se trata de posibles causas que deben abordarse.

**Interferencias eléctricas y mecánicas (10):** Las interferencias electromagnéticas (EMI) pueden provenir de diversas fuentes y pueden afectar a varios componentes electrónicos de diversas maneras. El impacto de la EMI puede ser continuo, intermitente o fugaz, y el aislamiento y la resolución del problema pueden ser bastante difíciles de alcanzar. Las interferencias pueden provenir de tierra (transmisores de diversos tipos), de otras aeronaves cercanas o de equipos electrónicos o informáticos dentro de la aeronave. En el caso de una fuente dentro de la aeronave, puede ser un equipo instalado en la aeronave que tenga un problema de blindaje o de bucle de tierra, por ejemplo, o la interferencia podría provenir de equipos transportados por los pasajeros.

También pueden producirse interferencias de otro tipo en ciertos tipos de equipos. Esto podría denominarse interferencia mecánica. Los cables, las poleas y otras partes mecánicas en movimiento podrían interferir con otros equipos a bordo y causar problemas en cualquiera de los sistemas o en ambos. A diferencia de las interferencias electromagnéticas, las mecánicas pueden verse y a veces sentirse. Estas observaciones pueden ayudar a determinar la solución.

Una tercera posibilidad de problemas de interferencia puede ser el hecho de que dos o más sistemas comparten entradas, salidas, fuentes de alimentación o buses de alimentación. Estas conexiones comunes pueden hacer que un mal funcionamiento o un error en un sistema afecte al rendimiento de otro sistema. Una vez más, esto puede ser raro, pero es una posibilidad. Hay que tenerlo en cuenta.

**Procedimientos de la tripulación de vuelo y de cabina (1):** El personal de mantenimiento de la aviación es concienzudo. Siempre que hay una discrepancia o una anotación relacionada con los sistemas y equipos de la aeronave, se supone que es un problema de mantenimiento en primer lugar. (Sin embargo, en ocasiones, una discrepancia o una anotación es el resultado de que las tripulaciones de vuelo o de cabina no utilizan el equipo de la forma en que se debe utilizar. Estos problemas pueden deberse a la falta de comprensión de la tripulación sobre lo que el equipo puede y no puede hacer. A veces se trata de procedimientos inadecuados en la operación (mandos/interruptores en posición incorrecta; uso de un modo equivocado, etc.) o, en otros casos, equipos que no están encendidos, no están comutados a "transmisión" o tienen los interruptores desconectados o no activados (por diversas razones). Las tripulaciones de vuelo utilizan equipos que les proporcionan cierta información o control. Si no obtienen esa información o no se creen los resultados que obtienen, o si no obtienen el control adecuado que esperan, lo más probable es que lo anoten como una avería. Lo mismo puede decirse de los equipos operados por la tripulación de cabina. Como dijo un piloto al autor: "No tenemos tiempo para solucionar los problemas del sistema; si no obtenemos lo que se supone que debemos obtener, lo anotamos y procedemos a emplear alguna medida alternativa".

Cuando el personal de mantenimiento comprueba este equipo y lo encuentra funcionando correctamente, los procedimientos operativos podrían ser sospechosos. La solución, por supuesto, es proporcionar a los miembros de la tripulación de vuelo o de cabina la formación adecuada o aclarar los procedimientos.

**La necesidad de rediseñar los equipos (12):** En los bloques (3) a (6) de la Fig. D-4, hemos examinado las áreas problemáticas normales y posibles relacionadas con el mantenimiento de estos sistemas de la aeronave. En los bloques (9) a (11) de la Fig. D-4, hemos examinado otras posibles áreas relacionadas con el equipo pero que no están necesariamente relacionadas con el mantenimiento. Si la investigación de ingeniería no ha mostrado que el problema esté en ninguna de estas áreas, entonces hay que recurrir a la última fuente posible: el diseño del equipo. Si no se pueden cumplir las normas de fiabilidad y se ha determinado que

(a) los procedimientos operativos y de mantenimiento se han aplicado correctamente y (b) no hay otras fuentes externas culpables; entonces la única alternativa es ponerse en contacto con el fabricante del equipo o del fuselaje para un posible arreglo o rediseño.

El primer paso sería determinar si el fabricante conoce el problema y averiguar si otras aerolíneas han tenido experiencias similares. Es posible que el fabricante ya tenga (o esté trabajando en) una solución. Puede ser en forma de una SB, SL o un AD, o puede estar en marcha algún esfuerzo de rediseño. Si no es así, se puede determinar que el problema es exclusivo de la aerolínea y de sus condiciones operativas (entorno). En este caso, la aerolínea y el fabricante deben trabajar juntos para obtener una solución. En cualquier caso, es posible que la compañía aérea tenga que proporcionar al fabricante datos sobre las tasas de eventos y otros aspectos del problema para ayudar a resolverlo.

**Figura D-4, bloque (13):** Independientemente de dónde se encuentre el problema -bloques (3) a (6) o bloques (9) a (12)- vuelva a la Fig. D-2, bloque (7) para determinar la acción correctiva necesaria. Esto le dirigirá a la Fig. D-5, bloque (1).

*Figura D-5, bloque (1): Tras determinar el problema, hay que definir la acción correctora. Lo que debe hacerse y quién debe hacerlo (1) se describirá detalladamente en un proyecto de orden de ingeniería. El plan de acción correctiva también incluirá las piezas, la mano de obra, etc., necesarias para llevarlo a cabo (2). El plan de acción correctiva se debatirá en la reunión mensual (o especial) de la MPRB (3). A esta reunión asistirán los miembros permanentes de la JMPR y cualquier otra persona relacionada con el problema en cuestión (véase el capítulo 18). Este comité revisará el pedido para comprobar su exactitud y viabilidad. Una vez que la MPRB acuerde el plan de acción correctiva y el calendario de aplicación el bloque (4), le devuelve a la figura D-2, bloque (8).*

*Figura D-2, bloque (8): Ingeniería finaliza y emite la OE a todas las organizaciones afectadas. Cada organización notifica a ingeniería la finalización (9). Cuando se han completado todas las acciones (10), ingeniería cierra la OE e informa de la finalización a fiabilidad, a la MPRB y a la autoridad reguladora, según sea necesario (11). A continuación, Fiabilidad sigue supervisando los parámetros como de costumbre para determinar la eficacia de la acción correctiva (12). De este modo, el bucle se cierra y todo (esperemos) va bien. Si la fiabilidad determina, a través de la recogida de datos posterior, que la acción correctiva no ha sido eficaz para reducir la tasa de incidentes, se repetirá el proceso.*

## Anexo

### E

#### *Operaciones de Alcance Extendido (ETOPS)*

##### *Introducción*

*La industria de la aviación comercial ha estado volando operaciones de rango extendido (ETOPS) durante más de 15 años, pero todavía hay cierta confusión sobre lo que es ETOPS y lo que se requiere del operador de la aerolínea para volar ETOPS. Este apéndice proporcionará algo de historia sobre el desarrollo de ETOPS e identificará lo que se requiere para lograr este nuevo enfoque de las operaciones y el mantenimiento de las aeronaves.*

##### *Antecedentes*

*A mediados de la década de 1950, la FAA estableció una norma básica para los aviones bimotores y trimotores (excepto los turbopropulsores trimotores), que todavía existe. Dicha norma es la FAR 121.161 y establece, en parte, lo siguiente:*

*A menos que el Administrador autorice lo contrario, basándose en las características del terreno, el tipo de operación o el rendimiento del avión que se va a utilizar, ningún titular de un certificado puede operar aviones bimotores o trimotores (excepto un avión trimotor de turbina) en una ruta que contenga un punto que esté a más de una hora de vuelo (en aire tranquilo a velocidad de crucero normal con un motor inoperativo) de un aeropuerto adecuado. La FAA afirma además en una Circular Consultiva sobre ETOPS, "Es importante señalar que esta norma es aplicable a los aviones alternativos, turbohélices, turborreactores y turbofán que transitan por zonas oceánicas o por rutas totalmente terrestres".*

*En el momento en que se redactó la norma, prácticamente todos los aviones bimotores estaban propulsados por motores alternativos (de pistón) con hélices. Estos motores de combustión interna estaban sujetos a fallos y paradas en vuelo; y añadir más motores a la aeronave no mejoraba sensiblemente la situación. Sin embargo, los aviones de tres y cuatro motores solían tener suficiente potencia para mantener un vuelo seguro con un motor apagado. Por lo tanto, los aviones de tres y cuatro motores podían volar más lejos del aeropuerto alternativo con seguridad. Los aviones bimotores estaban obligados por la norma FAR 121.161 a permanecer a menos de 60 minutos del aeropuerto alternativo en caso de que hubiera que apagar un motor.*

*Cuando se introdujeron los motores a reacción, supusieron una enorme mejora con respecto a los motores alternativos, y tenían un historial de seguridad y rendimiento mucho mejor. A lo largo de los años desde que se empleó por primera vez el motor a reacción, estos motores fueron mejorando.<sup>3</sup> Cuando se introdujeron los modernos aviones con "cabina de cristal" (B757, B767, A300) a principios de los años 80, los operadores querían utilizar estos aviones en sus rutas del Atlántico Norte desde Estados Unidos a Europa. El problema, sin embargo, era que la norma de los bimotores les obligaba a permanecer a menos de 60 minutos de un aeropuerto alternativo adecuado durante todo el vuelo. Esto significaba*

sobrevolar Groenlandia desde Nueva York hasta Londres y otros destinos europeos, mientras que los aviones trimotores y cuatrimotores podían volar por las pistas del Atlántico Norte, lo que les permitía volar por una ruta más corta sobre el extremo sur de Groenlandia.

Para paliar esta discrepancia, el sector pidió a la FAA que cambiara la norma de los 60 minutos, alegando las importantes mejoras en la tecnología y el rendimiento de los motores junto con los mejores sistemas de navegación de la época. La FAA, en lugar de eliminar o cambiar la regla de los 60 minutos, elaboró una circular consultiva en 1985 que proporcionaba directrices que permitían a un operador obtener la aprobación de la FAA para "desviarse de la regla". Esto daba a un operador, tras cumplir ciertos requisitos (que se explicarán más adelante), permiso para volar hasta 120 minutos desde un aeropuerto alternativo adecuado.

Esto permitió a los operadores de gemelos aprobados por ETOPS utilizar las pistas del Atlántico Norte, una ruta más corta y competitiva.

Más tarde (1988), cuando los operadores buscaron otras rutas mundiales para los gemelos, se revisó el AC (AC 120-42A) y se permitió a los operadores que cumplían algunos requisitos adicionales el privilegio de volar hasta 180 minutos desde un aeropuerto alternativo adecuado. Esta revisión del AC hizo posible volar con aviones bimotores en casi todo el mundo.<sup>4</sup> Los operadores de la región del Pacífico Norte, sin embargo, estaban limitados por la disponibilidad de aeropuertos alternativos adecuados. En los últimos años, el permiso de la FAA para volar a más de 180 minutos de un aeropuerto alternativo adecuado se amplió a 207 minutos (una extensión del 15% sobre 180) para estos operadores. Esto no sólo cerró los huecos (excepto en la Antártida), sino que permitió a los gemelos que operan en el Pacífico Norte una mejor elección de alternativas. El avión, para poder optar a las ETOPS de 207 minutos, tenía que estar diseñado originalmente para ETOPS y la aprobación se daría caso por caso. A la fecha de redacción de este texto, el AC no se ha modificado para abordar esta operación de 207 minutos. También se está debatiendo, en este momento, la posibilidad de ampliar el tiempo de desvío ETOPS a 240 minutos (es decir, 4 horas). Esta ampliación no abriría un espacio aéreo significativo para los gemelos, pero permitiría a todos los operadores con dicha aprobación una mejor selección de aeropuertos alternativos. Esto permitiría a los transportistas ofrecer mayores comodidades a los pasajeros en caso de desvío.

#### DESVIACIÓN DE LA REGLA DE LOS 60 MINUTOS

Aunque la norma básica, FAR 121.161, nunca se ha modificado, la FAA ha establecido requisitos para la aprobación de desviaciones de la norma. Estos incluyen cambios específicos en el equipo y en los programas de mantenimiento y operaciones de vuelo de las aerolíneas.

#### MODIFICACIÓN DEL EQUIPO

El requisito principal de ETOPS era cambiar los motores del avión para cumplir con un mayor nivel de fiabilidad, lo que dio lugar a una serie de modificaciones en los motores. Se incorporaron otras modificaciones en los equipos de a bordo. La unidad de potencia auxiliar (APU), originalmente diseñada para funcionar en tierra para proporcionar energía de CA cuando los motores no estaban en funcionamiento, se modificó para ETOPS para que sirviera como fuente de energía de reserva en caso de que un motor tuviera que apagarse en vuelo. Esta modificación aseguraba que la APU arrancara y funcionara a altitudes de hasta 41.000 pies. Además, se instaló un generador de motor hidráulico (HMG) en algunos modelos para proporcionar una fuente adicional de energía de CA en caso de que la APU no funcionara.

Todas estas modificaciones se identificaron mediante un boletín de servicio (SB) y se recopilaron en un documento aprobado por la FAA denominado norma de mantenimiento y procedimientos de configuración (CMP). Este documento también incluía cualquier procedimiento de mantenimiento u operaciones que pudiera ser necesario. Estos SBs, aunque son opcionales para los operadores no ETOPS, se convirtieron en obligatorios para los ETOPS a través del CMP aprobado por la FAA. Por lo tanto, para los operadores de ETOPS, estos SBs tenían el estatus de directivas de aeronavegabilidad (ADs). Por lo general, estas modificaciones diferían de un tipo de motor a otro y por fuselaje. Así, se creó un CMP para cada modelo y se incluyó información para todas las unidades de motor y APU disponibles para ese fuselaje. Estas modificaciones, al principio, tardarían hasta un año en incorporarse a la flota del operador. Este periodo daba al operador tiempo para familiarizarse con el avión y desarrollar el programa ETOPS. En años posteriores, el operador podía comprar o alquilar el avión en configuración ETOPS.

#### REQUISITOS DE LAS OPERACIONES DE VUELO

*La Circular Consultiva ETOPS establece que la carga de trabajo de la tripulación de vuelo no debe aumentar debido a las ETOPS. Es decir, volar a más de 60 minutos de un aeropuerto alternativo adecuado o volar a un aeropuerto alternativo con un solo motor no debería requerir ninguna tarea adicional de la tripulación respecto a las de un vuelo convencional. Sin embargo, existen requisitos adicionales para la compañía aérea en la preparación de los vuelos ETOPS.*

*Una vez determinados el origen y el destino del vuelo ETOPS, hay que identificar los aeropuertos alternativos y trazar la ruta. La distancia de cada uno de los alternativos se determina en función de la combinación fuselaje/motor y de la zona donde se realizará el vuelo. La altitud a la que se debe volar con un motor apagado se determina en función del terreno real sobre el que se realizará el vuelo y de la altitud necesaria para el consumo óptimo de combustible. La velocidad de vuelo se determina para estas condiciones, y el tiempo hasta el alternativo se calcula y se traduce en distancia. Esta es la distancia del alternativo que puede volarse según la aprobación de la FAA.<sup>6</sup> Esta ruta y la correspondiente trayectoria de vuelo y altitud serán las mismas durante toda la operación. Sin embargo, para cada vuelo, los despachadores de la compañía aérea deben determinar los vientos y las condiciones meteorológicas en la ruta (procedimiento estándar), así como las condiciones en la(s) alternativa(s) elegida(s). A continuación, se calculan las reservas de combustible necesarias para realizar el desvío a un alternativo y se añaden a las necesidades básicas de combustible.*

#### **CAMBIOS EN EL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO**

*Los expertos en mantenimiento coinciden en que los requisitos de la FAA para un programa de mantenimiento suplementario ETOPS son, esencialmente, lo que debería ser cualquier buen programa de mantenimiento. El AC establece que si el programa de mantenimiento actual de la aerolínea, aprobado por la FAA, no incluye los procesos y acciones indicados en el AC, entonces el programa debe actualizarse para incluirlos, o deben emplearse otros procesos y acciones que logren los mismos objetivos.*

*El programa de mantenimiento complementario descrito en el AC identifica una serie de acciones. Hay seis puntos que afectan directamente a las actividades de mantenimiento cotidianas en la línea de vuelo: los puntos 1 a 6 de la lista que sigue. Hay otros cuatro requisitos, los puntos 7 a 10, que deben incluirse en las actividades de gestión del mantenimiento para ayudar a la aplicación del programa ETOPS. Los siguientes puntos constituyen el programa de mantenimiento suplementario ETOPS:*

1. *Comprobación de servicio antes de la salida. Una comprobación de servicio ETOPS que se realizar antes de cada salida ETOPS. Consiste en la comprobación del tránsito normal, las tareas de control del consumo de aceite y cualquier otra comprobación adicional que se considere necesaria para ETOPS.*
2. *Programa de supervisión del consumo de aceite. Un programa de monitorización para identificar la tasa de consumo de aceite del motor y de la APU en cada tramo de vuelo para un avión ETOPS, ya sea un vuelo ETOPS o no.*
3. *Programa de supervisión del estado del motor (ECM). Un programa para (a) garantizar que no se excedan los parámetros del motor y (b) solucionar los problemas antes de que causen degradación o parada. Utilícelo junto con el control del consumo de aceite para supervisar la salud general del motor.*
4. *Programa de supervisión del sistema de propulsión. Un programa para supervisar los índices de parada en vuelo de los aviones ETOPS y garantizar que se toman medidas para restaurar el motor y también para determinar si la repetición del problema puede evitarse o reducirse en el futuro.*
5. *Programa de resolución de discrepancias. Un programa para garantizar que se tomen las medidas correctivas adecuadas y oportunas tras una parada del motor en vuelo, un fallo significativo del sistema ETOPS y cualquier tendencia adversa indicada por los programas de consumo de aceite y/o de supervisión del estado del motor. Comprobar el sistema reparado después del mantenimiento para asegurar la efectividad de la acción correctiva antes de liberar el avión para el vuelo.*
6. *Mantenimiento de sistemas múltiples y similares. Un programa para evitar hacer el mantenimiento en ambas unidades de un sistema doble, como los motores, las líneas de combustible, etc., en la misma visita de mantenimiento. Se pueden utilizar diferentes tripulaciones en los sistemas separados si el trabajo debe realizarse en una sola visita.*
7. *Programa de control de piezas ETOPS. Un programa para garantizar que sólo se utilicen las piezas autorizadas para ETOPS (identificadas en el CMP u otros SB o AD) en un avión ETOPS.*
8. *Programa de arranque de la APU a gran altitud. Un programa para garantizar la capacidad de arranque a gran altitud de la unidad de potencia auxiliar. Normalmente se realiza durante los dos primeros meses de operación. El operador debe establecer una tasa de arranque del 95 por ciento o superior durante este período. Este garantizará que las modificaciones y las acciones de mantenimiento son adecuadas.*
9. *Formación ETOPS. Todo el personal implicado en el programa de mantenimiento ETOPS debe recibir formación sobre la filosofía de ETOPS y sobre los requisitos específicos, haciendo hincapié en las diferencias con la operación normal.*

*10. Identificar los sistemas significativos ETOPS. Se trata de una lista de sistemas, creada por el operador para su operación específica, que identifica aquellos sistemas que están directamente relacionados con la operación ETOPS. Estos son los sistemas de interés en las otras actividades suplementarias.*

## **MANTENIMIENTO ETOPS FRENTA A MANTENIMIENTO CONVENCIONAL**

*Como ya se ha dicho, estos requisitos de CA para el mantenimiento ETOPS no constituyen un cambio sustancial en la realización del mantenimiento. El programa propuesto no es más que un enfoque diferente del mantenimiento, lo que podría llamarse el enfoque de mantenimiento "en tiempo real".*

*La actividad de mantenimiento convencional es principalmente reactiva y predictiva. El enfoque reactivo consiste en abordar las averías cuando se producen o, en algunos casos, aplazar el mantenimiento a otro momento más conveniente o pasar el problema a la tripulación de la siguiente estación. El enfoque predictivo implica la recopilación de datos y el análisis de la discrepancia, después del hecho, con un esfuerzo por predecir cuándo o con qué frecuencia es probable que se produzcan tales problemas, a fin de crear ciertas acciones de mantenimiento para abordar estos problemas de forma programada. Por supuesto, la experiencia ha demostrado que diferentes elementos requieren diferentes enfoques y la mayoría de los programas de mantenimiento incluyen tanto el mantenimiento reactivo como el predictivo.*

*El enfoque del mantenimiento en tiempo real es más proactivo. La principal característica del mantenimiento en tiempo real es reaccionar rápida y eficazmente ante las averías y supervisar determinadas funciones para identificar cualquier tendencia que muestre un problema inminente. De este modo, se puede actuar antes de que la situación se convierta en un problema más grave. Por ejemplo, los requisitos de consumo de aceite y supervisión del estado del motor de ETOPS mostrarán los problemas del motor a medida que se desarrollan. Se pueden tomar medidas de mantenimiento para corregir la deficiencia antes de que se produzca un fallo o una parada del motor. El concepto de resolución de discrepancias de ETOPS es un esfuerzo para reaccionar rápidamente a los problemas y asegurar que la acción tomada ha sido efectiva.*

*El enfoque proactivo no es necesario para todo en el avión, ni los enfoques reactivo y predictivo son necesarios universalmente. Los tres enfoques deben utilizarse de forma selectiva para cualquier buen programa de mantenimiento. No se trata de un cambio drástico en la filosofía de mantenimiento; es sólo un enfoque más consciente del mantenimiento.*

## **ETOPS PARA AVIONES NO ETOPS**

*Los aviones bimotores que no se utilizan para ETOPS, así como los trimotores y cuatrimotores, pueden beneficiarse de este enfoque de mantenimiento en tiempo real tanto como los aviones configurados para ETOPS. Aunque las modificaciones para ETOPS pueden o no estar incluidas en un avión en particular (o incluso disponibles para algunos modelos), los esfuerzos de mantenimiento enumerados anteriormente pueden aplicarse a todos los aviones. La supervisión del consumo de aceite y los programas de supervisión del estado de los motores proporcionarán una visión continua del estado de los motores en todas las aeronaves. La rápida resolución de las discrepancias y la validación inmediata de las medidas correctoras adoptadas también pueden beneficiar a todas las aeronaves, ya sean ETOPS o no. Los esfuerzos de ETOPS para supervisar todos los sistemas importantes para seguir y responder a las tendencias son apropiados y eficaces para todos los tipos de aeronaves. La actitud de estar al tanto del estado de los equipos y reaccionar rápida y responsablemente ante los problemas puede beneficiar a cualquier actividad de mantenimiento (incluso a su coche y otros equipos de tierra). A largo plazo, puede ahorrar dinero al prevenir o reducir el número de problemas importantes.*

*Algunas aerolíneas configuran todos los aviones de un tipo determinado para ETOPS, de modo que los equipos puedan intercambiarse rápidamente entre el servicio ETOPS y el no ETOPS en beneficio de la programación y la puntualidad. Otras aerolíneas que realizan ambos tipos de vuelos configuran todos los motores de un determinado tipo de avión para ETOPS, de modo que el proceso de preparación de los motores pueda ser simplificado. Esto también requiere menos motores de repuesto; es decir, no es necesario tener un motor de repuesto para cada configuración.*

*Los fabricantes de aviones pueden proporcionar aviones con configuración ETOPS o no ETOPS, según lo deseé el operador, pero la tendencia es construir todos los aviones como listos para ETOPS. Este podría ser el último paso en la evolución de ETOPS: la eliminación de las diferencias en las operaciones ETOPS y no ETOPS.*

## **OPERACIONES POLARES (AC 120-42B) INTRODUCCIÓN**

*El AC 120-42B se refiere a las ETOPS y a las operaciones polares. En febrero de 2001, el Comité Asesor de Regulación de la Aviación (ARAC) recomendó que las directrices de la carta de Política Polar se incorporaran a la normativa ETOPS en*

*respuesta a los planes de las compañías aéreas estadounidenses de realizar operaciones en el Polo Norte. La intención de la carta de política polar era exigir a las compañías aéreas que desarrollaran los planes, equipos y configuraciones necesarios para todos los aviones, independientemente del número de motores.*

## ÁREAS POLARES

*Área polar norte: Toda el área al norte de los 78° de latitud norte Área polar sur: Toda el área al sur de los 60° de latitud sur*

*En las áreas polares, el AC 120-42B, secciones 1 y 2, exige que las especificaciones de operaciones del titular del certificado contengan lo siguiente:*

1. *La designación de los aeropuertos alternativos que pueden utilizarse para los desvíos en ruta y los requisitos que deben cumplir los aeropuertos en el momento del desvío*
2. *Excepto en el caso de las operaciones suplementarias, todas las operaciones de carga deben tener un plan de recuperación de pasajeros en los desvíos alternativos*
3. *Una estrategia de congelación del combustible de la aeronave y los procedimientos para controlar la congelación del combustible*
4. *Un plan para garantizar la capacidad de comunicación para las operaciones polares*
5. *Una MEL para las operaciones polares*
6. *Un plan de formación para las operaciones en zonas polares*
7. *Un plan para mitigar la exposición de la tripulación a la radiación durante una erupción solar*
8. *Un plan para proporcionar dos trajes anti exposición para climas fríos en la aeronave para proteger a los tripulantes durante la actividad exterior en un aeropuerto de desvío con condiciones climáticas extremas*

## PROGRAMA DE MANTENIMIENTO-OPERACIONES POLARES

*El titular del certificado debe cumplir con todos los requisitos de operaciones de vuelo y mantenimiento de la parte 121 relativos a las operaciones ETOPS y polares, tal y como se indica en el documento AC 120-42B. Esto incluye la disposición de la MMEL para 120 minutos de disposiciones, y el titular del certificado debe operar de acuerdo con la autoridad ETOPS-polar tal y como se recoge en la Ops Spec de la compañía aérea. El capítulo 3 de la AC se refiere a los programas de tipo de mantenimiento dual para las operaciones ETOPS y polares.*

*El mantenimiento ETOPS se discute anteriormente en este apéndice, pero hay algunas cosas que se discutirán para entender mejor el programa de mantenimiento AC.*

1. *Documento de configuración, mantenimiento y procedimientos (CMP). Documento aprobado por la FAA que contiene la configuración mínima, los requisitos de operación y mantenimiento, los límites de vida útil del hardware y las restricciones de la lista maestra de equipo mínimo (MMEL) necesarias para que las combinaciones de aviones y motores cumplan los requisitos de aprobación del diseño de tipo ETOPS.*
2. *Mantenimiento doble. El mantenimiento doble significa el mantenimiento en el "mismo" sistema significativo para ETOPS. El mantenimiento doble es una acción de mantenimiento realizada en el mismo elemento de sistemas significativos para ETOPS idénticos pero separados durante una visita de mantenimiento programada o no programada. El doble mantenimiento en sistemas "sustancialmente similar" de los sistemas significativos para ETOPS significa las acciones de mantenimiento realizadas en los componentes accionados por el motor en ambos motores durante la misma visita de mantenimiento.*
3. *Consideraciones sobre la MEL. El titular del certificado debe modificar su MEL para reflejar los elementos que deben estar operativos para este tipo de operaciones. Se requiere una revisión de la MEL para considerar la disponibilidad de despacho del siguiente sistema o equipo:
  - a) Sistema de indicación de la cantidad de combustible
  - b) Sistema APU
  - c) Sistema de aceleración automática
  - d) Sistema de comunicación
  - e) Desfibrilador externo (excepto para las operaciones de carga)*

## RESUMEN

*El programa complementario de operaciones ETOPS y polares es un enfoque en tiempo real del mantenimiento de las aeronaves que permite al operador estar al día sobre el estado de todos los equipos, el apoyo a las operaciones ETOPS y polares para supervisar cualquier tendencia adversa, y responder con prontitud y eficacia a los problemas de*

mantenimiento. Al realizar comprobaciones de validación de las acciones de mantenimiento, el programa garantiza que se han aplicado las soluciones adecuadas a los problemas, por lo que la aerolínea puede garantizar una mejor relación entre tiempo de vuelo y tiempo de inactividad por mantenimiento. Esto puede considerarse una medida de ahorro de costes de mantenimiento a largo plazo, al evitar problemas importantes y minimizar el tiempo de inactividad de los aviones.

## ANEXO F

### GLOSARIO

- ❖ **Comprobación "A"** Comprobación de mantenimiento realizada aproximadamente cada mes (cada 300 horas de vuelo, por ejemplo).
- ❖ **A&P Airframe and power plant** (fuselaje y planta motriz)
- ❖ **AC Advisory circular**-Información emitida por la FAA para identificar las formas en que un operador puede cumplir los requisitos de ciertas regulaciones de aviación.
- ❖ **AC Certificado de aeronavegabilidad**-Certificado emitido por la FAA para cada aeronave construida para garantizar que se ha construido según las normas del certificado de tipo (TC) y se ha entregado al cliente en condiciones de aeronavegabilidad.
- ❖ **Daño accidental**-Deterioro físico de un elemento causado por el contacto o el impacto con un objeto o influencia que no forma parte del avión; daño como resultado de un error humano ocurrido durante la fabricación, la operación del vehículo o la realización del mantenimiento.
- ❖ **AD Directiva de aeronavegabilidad**-Documento emitido por la FAA cuando existe una condición insegura en un producto de aviación. Los ADs pueden prescribir inspecciones, modificaciones, condiciones o limitaciones bajo las cuales el producto puede continuar en operación. La incorporación de un AD es obligatoria.
- ❖ **Aeronavegabilidad** Cumplimiento de las normas establecidas por la FAA para un vuelo seguro; equipado y mantenido en condiciones de volar.
- ❖ **Alerta** Un nivel arbitrario de tasa de fallos (o de retirada, etc.) establecido por la fiabilidad para llamar la atención sobre una posible área problemática. Debe ser establecido por el analista para proporcionar directrices útiles.
- ❖ **AMM Manual de mantenimiento del avión**-Manual elaborado por el fabricante de la célula que contiene información pertinente sobre la aeronave y sus equipos instalados.
- ❖ **AMT Técnico de mantenimiento de aviación**-Terminología más reciente para referirse a los mecánicos de aeronaves; incluye a las personas formadas y cualificadas en fuselaje, planta motriz, aviónica, etc.
- ❖ **AOG Aeronave en tierra**: una aeronave que está fuera de servicio (es decir, en tierra) a la espera de una pieza o piezas antes de que pueda volver al servicio.
- ❖ **APU Unidad de potencia auxiliar**-Motor de turbina utilizado para generar energía eléctrica en tierra cuando los motores de la aeronave no están funcionando. A veces se utiliza en vuelo cuando un motor no funciona (ETOPS) para sustituir al generador inactivo accionado por el motor.
- ❖ **ATA Air Transport Association of America** (Asociación de Transporte Aéreo de América) - Organización comercial estadounidense para operadores de aviación comercial.
- ❖ **ATC Control de tráfico aéreo**: servicio de la FAA para promover el flujo seguro, ordenado y rápido del tráfico aéreo.
- ❖ **Backshops** Otro nombre para los talleres de revisión para el mantenimiento y reparación de equipos fuera de la aeronave.
- ❖ **BITE Equipo de prueba incorporado**-Equipo especial asociado a ciertos sistemas para supervisar la salud y el funcionamiento de dichos sistemas y para ayudar en los esfuerzos de localización de fallos.
- ❖ **Horas de bloque** Horas que se miden desde el momento en que la aeronave sale de la puerta de embarque (calzos de las ruedas retirados) hasta el momento en que la aeronave se detiene en la puerta de destino (calzos en su lugar) (ver también Horas de Vuelo).
- ❖ **Comprobación "C"** Comprobación de mantenimiento realizada aproximadamente cada 12 a 18 meses (cada 4000 horas de vuelo, por ejemplo).
- ❖ **CAMP Programa de mantenimiento continuo de la aeronavegabilidad**: Programa de mantenimiento aprobado por la FAA para un operador de aeronaves comerciales.
- ❖ **CASS Sistema de análisis y vigilancia continuos** - Un programa (o programas) establecido por el operador para garantizar que los programas de mantenimiento e inspección de las especificaciones de operaciones de la compañía son eficaces.
- ❖ **CDL Lista de desviación de la configuración** - Una enmienda al TC que identifica las partes del fuselaje y del motor que pueden faltar en el despacho siempre que no estén relacionadas con la seguridad y que la aeronave se despache con las limitaciones identificadas en la CDL para esa desviación.
- ❖ **CFR Code of Federal Regulations** (Código de Regulaciones Federales): codificación de las normas generales y

- permanentes publicadas por los departamentos y agencias ejecutivas del gobierno de los Estados Unidos.*
- ❖ *CM Monitoreo de la condición-Proceso de mantenimiento primario para elementos que no tienen características que permitan establecer intervalos HT u OC para determinar la capacidad de servicio. Los elementos CM se operan hasta el fallo.*
  - ❖ *Fallo crítico Fallos que implican una pérdida de función o un daño secundario que podría tener un efecto adverso en la seguridad operativa.*
  - ❖ *CRT Tubo de rayos catódicos-Un tipo de dispositivo de visualización electrónica que utiliza un tubo de vacío similar a una pantalla de televisión convencional.*
  - ❖ *CSDD Common Source Data Dictionary-Documento publicado por la ATA que contiene definiciones estándar de aviación.*
  - ❖ *Comprobación diaria Comprobación de mantenimiento realizada cada día o cada vez que la aeronave ha estado en tierra durante más de 4 horas. Para los modelos de aviones recientes, esto se ha cambiado a un intervalo de 48 horas.*
  - ❖ *D&O Descripción y operación-Parte de la AMM que describe cómo funcionan los diversos sistemas de la aeronave.*
  - ❖ *DDG Guía de desviación de despacho-Directrices de mantenimiento necesarias para configurar adecuadamente para un vuelo seguro aquellos elementos que han tenido un mantenimiento diferido por acción de la MEL.*
  - ❖ *Inspector dedicado Persona asignada como inspector de control de calidad a tiempo completo. Puede estar en QA, QC o en el centro de trabajo.*
  - ❖ *Inspector delegado Persona asignada como inspector de control de calidad sólo para inspecciones específicas o un centro de trabajo específico; un inspector de control de calidad a tiempo parcial.*
  - ❖ *Inspector designado Igual que un inspector delegado.*
  - ❖ *Inspección detallada Inspección visual intensiva de un detalle, un conjunto o una instalación específicos, utilizando una iluminación adecuada y, cuando sea necesario, ayudas para la inspección, como espejos, lentes de mano, etc.*
  - ❖ *Descarte El acto de retirar un componente del servicio de forma permanente después de una vida útil determinada.*
  - ❖ *DMI Elemento de mantenimiento diferido - Elemento de mantenimiento diferido por las normas de la MEL o la CDL para ser realizado en un momento posterior.*
  - ❖ *DOC Departamento de Comercio de EE.UU. - Establece normas para el comercio aéreo.*
  - ❖ *DOL Departamento de Trabajo de EE.UU. - Organización matriz de la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA).*
  - ❖ *DOT Departamento de Transporte de EE.UU. - Establece normas para los sistemas de transporte de EE.UU.*
  - ❖ *Organización matriz de la FAA.*
  - ❖ *EBU Engine Build-Up-Proceso de añadir componentes a un motor básico para configurarlo para su instalación en una aeronave y posición específicas. Permite cambios de motor más rápidos (véase también QEC).*
  - ❖ *Ciclo del motor Operación del motor de la aeronave desde el arranque hasta el apagado.*
  - ❖ *Ingeniero Un solucionador de problemas; un experto técnico en la organización de M&E.*
  - ❖ *Entropía Energía no disponible; la diferencia entre el sistema teórico y el práctico.*
  - ❖ *Deterioro ambiental Deterioro físico de la fuerza o la resistencia al fallo de un elemento como resultado de la interacción química con su clima o entorno. Puede depender del tiempo.*
  - ❖ *ETOPS Operaciones de rango extendido con aviones bimotores: permite al operador de un avión bimotor volar hasta 180 minutos (o más) desde un aeropuerto alternativo adecuado.*
  - ❖ *Fallo evidente Fallo de un sistema o componente de la aeronave que es perceptible para la tripulación de vuelo.*
  - ❖ *FAA Administración Federal de Aviación de EE.UU. Componente del Departamento de Transporte de EE.UU. responsable de la aviación y el transporte aéreo.*
  - ❖ *Efecto de la falla El efecto que una falla específica tiene en la operación de un sistema.*
  - ❖ *Modo de fallo La forma en que un sistema o componente puede fallar.*
  - ❖ *FAK Kit de vuelo: conjunto de piezas/suministros que se llevan a bordo de La forma en que un sistema o componente puede fallar.*
  - ❖ *FAR Reglamento Federal de Aviación-Término utilizado para identificar el Código de Reglamentos Federales de los Estados Unidos (CFR) relativo a la aviación.*
  - ❖ *Daño por fatiga Inicio de una o varias grietas debido a una carga cíclica y su posterior propagación.*
  - ❖ *FH Horas de vuelo*
  - ❖ *FAA Administración Federal de Aviación de EE.UU. Componente del Departamento de Transporte de EE.UU. responsable de la aviación y el transporte aéreo.*
  - ❖ *Efecto de la falla El efecto que una falla específica tiene en la operación de un sistema.*
  - ❖ *Modo de fallo La forma en que puede fallar un sistema o componente.*
  - ❖ *FAK Kit de vuelo: conjunto de piezas/suministros que se llevan a bordo de la*
  - ❖ *La forma en que un sistema o componente puede fallar.*
  - ❖ *FAR Reglamento Federal de Aviación-Término utilizado para identificar el Código de Reglamentos Federales de los Estados Unidos (CFR) relativo a la aviación.*
  - ❖ *Daño por fatiga Inicio de una o varias grietas debido a una carga cíclica y su posterior propagación.*
  - ❖ *FH Horas de vuelo*
  - ❖ *Horas de vuelo Tiempo de vuelo real medido desde el despegue (ruedas arriba) hasta el aterrizaje (toma de*

- tierra) (véase también horas de bloque).
- ❖ **FSDO Oficina de Distrito de Normas de Vuelo de la FAA.**
  - ❖ **Comprobación funcional** Comprobación cuantitativa para determinar si cada función de un elemento funciona dentro de los límites especificados. Esta comprobación puede requerir el uso de equipos auxiliares.
  - ❖ **Inspección visual general** Examen visual que detecta condiciones o discrepancias obvias e insatisfactorias.
  - ❖ **GMM Manual de mantenimiento general** - Otro nombre para el manual de políticas y procedimientos técnicos de la aerolínea.
  - ❖ **Objetivo** Un objetivo es un punto en el tiempo o en el espacio en el que se quiere estar; un nivel de logro que se quiere alcanzar.
  - ❖ **GSE Equipo de apoyo en tierra**-Equipo utilizado en el mantenimiento y la revisión de la aeronave y su equipo.
  - ❖ **HF Factores humanos**
  - ❖ **HFM Factores humanos en el mantenimiento**
  - ❖ **Fallo oculto** Fallo de un sistema o componente de la aeronave que no es evidente para la tripulación de vuelo.
  - ❖ **HMG Generador de motor hidráulico** - Un generador de CA, alimentado por el sistema hidráulico, para proporcionar una fuente adicional de energía para la operación ETOPS.
  - ❖ **HMV Visita de mantenimiento pesado**-Una revisión de mantenimiento que implica inspecciones estructurales, modificaciones importantes y otras reparaciones importantes. Suele ser un tiempo de inactividad prolongado.
  - ❖ **HT Tiempo duro**-Proceso de mantenimiento primario que requiere la sustitución de un componente a intervalos específicos (vida útil).
  - ❖ **IATA Asociación Internacional de Transporte Aéreo (International Air Transport Association)** - Organización internacional de comercio de la aviación.
  - ❖ **IDG Generador de accionamiento integrado**: generador eléctrico accionado por el motor de la aeronave.
  - ❖ **IFSD Parada en vuelo** (de un motor de avión).
  - ❖ **Fiabilidad inherente** La fiabilidad "diseñada" de un componente o sistema. Esta fiabilidad es una combinación de los esfuerzos de diseño y mantenimiento preventivo.
  - ❖ **Inspección** Examen de un elemento y comparación con una norma específica.
  - ❖ **ISC Comité Directivo de la Industria**-Representantes experimentados de fabricantes y operadores que supervisan las actividades del grupo directivo de mantenimiento (MSG) para generar un programa de mantenimiento de aeronaves.
  - ❖ **ISO Organización internacional de normalización**-Organización internacional responsable de establecer las normas en todo el mundo.
  - ❖ **IWG Grupo de trabajo de la industria**: grupo de expertos de la industria de la aviación que desarrolla el programa de mantenimiento de una aeronave nueva o derivada.
  - ❖ **JAA Joint Aviation Authorities (Autoridades Aeronáuticas Conjuntas)** - Asociación de Autoridades Aeronáuticas Europeas que trabaja para estandarizar la normativa en toda Europa. No es una autoridad reguladora.
  - ❖ **LCD Pantalla de cristal líquido**-Tipo de dispositivo de visualización de instrumentos.
  - ❖ **LEP Lista de páginas efectivas**: Identifica las páginas de un documento que comprenden la última revisión (ayuda a identificar las páginas que faltan o se añaden).
  - ❖ **Carta de comprobación** Ciclos de comprobación estándar para determinadas tareas de mantenimiento. Puede llamarse A, B, C, etc. Las compañías aéreas pueden utilizar otros nombres. La frecuencia varía de un avión a otro y de un operador a otro. Puede medirse en horas de vuelo, ciclos de vuelo o tiempo de calendario.
  - ❖ **LRU (Line Replacement Unit)**: componente de la aeronave diseñado para su rápida extracción e instalación con el fin de reducir el tiempo de inactividad por mantenimiento y minimizar la interrupción del vuelo.
  - ❖ **Lubricación** Acto de reposición de aceite, grasa u otras sustancias utilizadas con el fin de mantener las capacidades inherentes al diseño de una unidad o sistema reduciendo la fricción y/o conduciendo el calor.
  - ❖ **M&E Mantenimiento e ingeniería**-Organización de la aerolínea responsable de todo el mantenimiento y servicio de las aeronaves y de cualquier actividad de ingeniería relacionada con dicho mantenimiento.
  - ❖ **Mantenimiento** El proceso de garantizar que un sistema realice continuamente su función prevista con el nivel de fiabilidad y seguridad diseñado.
  - ❖ **Zona de mantenimiento** Área identificada en una aeronave donde se realizan inspecciones visuales de todos los elementos dentro de la zona.
  - ❖ **MCC Centro de control de mantenimiento**-El centro de las actividades de mantenimiento en la línea de vuelo para las aeronaves en servicio.
  - ❖ **Mecánico-Técnico o mecánico certificado por la FAA.**
  - ❖ **MEL Lista de equipos mínimos**-Lista de equipos que las tripulaciones de vuelo acuerdan aceptar como inoperativos durante períodos cortos. Intervalos de tiempo establecidos por la FAA y el fabricante de fuselajes en la MMEL. El operador crea una MEL única para su propia configuración.
  - ❖ **MIDO Manufacturing Inspection District Office**-Organización de la FAA que es responsable de inspeccionar las capacidades de los fabricantes de fuselajes, motores y aparatos y de emitir el certificado de producción.
  - ❖ **MMEL Lista maestra de equipo mínimo**-Lista maestra de artículos MEL. Incluye todos los elementos relacionados disponibles para el tipo de aeronave, tanto si están instalados en el vehículo del operador como si no. Desarrollada por el fabricante del fuselaje y aprobada por la FAA.
  - ❖ **MOE Exposición de la organización de mantenimiento**-Otro nombre para el manual de políticas y procedimientos técnicos de la aerolínea.
  - ❖ **MPD Documento de datos de planificación de mantenimiento** (Boeing y Airbus) que identifica las MRB y otras

- tareas de mantenimiento recomendadas para un modelo de avión determinado (véase también OAMP).
- ❖ **MPRB Maintenance Program Review Board** (Consejo de revisión del programa de mantenimiento) - Órgano de gobierno del programa CASS de la aerolínea; compuesto por los gerentes de la dirección y del centro de trabajo.
  - ❖ **MRB Maintenance Review Board**-Organización de la FAA que supervisa el desarrollo de los programas de mantenimiento de aeronaves creados por
    - ❖ el proceso MSG.
  - ❖ **Informe MRBR MRB-Programa de mantenimiento aprobado por la FAA**, desarrollado por la industria a través del proceso MSG, que identifica los requisitos de mantenimiento para una aeronave determinada.
  - ❖ **MSDS Hoja de datos de seguridad de los materiales-Hoja informativa sobre sustancias químicas** que proporciona datos sobre los peligros potenciales del producto, las normas de seguridad requeridas que deben utilizarse y cualquier acción de emergencia necesaria para la manipulación del producto.
  - ❖ **MSG Maintenance steering group** (Grupo directivo de mantenimiento) - Grupo de supervisión, formado por el fabricante, el operador y el personal normativo, responsable de crear el programa de mantenimiento para las aeronaves nuevas y derivadas.
  - ❖ **MSI Elemento significativo de mantenimiento**: elemento, determinado por el fabricante, cuyo fallo afectaría a la seguridad, quedaría oculto para la tripulación de vuelo o tendría un impacto operativo o económico.
  - ❖ **MTBUR Tiempo medio entre retiradas no programadas** (equipo reparable)
  - ❖ **MTTF Tiempo medio hasta el fallo** (equipo no reparable)
  - ❖ **MTTR Tiempo medio de reparación** (tiempo en el taller para el mantenimiento)
  - ❖ **NDI Inspección no destructiva-Técnica de inspección** que no altera la unidad inspeccionada.
  - ❖ **NDT Ensayo no destructivo-Técnica de ensayo** que no altera la unidad sometida a prueba.
  - ❖ **NDT/NDI o NDT/I Prueba e inspección no destructiva**
  - ❖ **NFF No se ha encontrado ningún fallo-Resultado negativo de una acción de localización de averías**. No es necesariamente el fin de la investigación.
  - ❖ **NFPA National Fire Protection Association** (Asociación Nacional de Protección contra Incendios) - Organización que reduce la carga de los incendios y otros peligros; proporciona códigos y normas con base científica, investigación y educación en materia de seguridad contra incendios.
  - ❖ **NIST National Institute of Standards and Technologies**-Establece diversos estándares de medición, incluidos los utilizados para calibrar herramientas y equipos de prueba.
  - ❖ **OAMP Programa de mantenimiento de aviones** (McDonnell-Douglas) que identifica el MRB y otras tareas de mantenimiento recomendadas para un modelo de avión determinado (véase también MPD).
  - ❖ **Objetivo** Un objetivo es la acción o actividad que se emplea para alcanzar una meta.
  - ❖ **OC On condition-Proceso de mantenimiento primario** que programa inspecciones o pruebas periódicas para determinar la capacidad de servicio restante de un componente o sistema.
  - ❖ **OC Certificado de operación**: certificado emitido por la FAA que permite al titular realizar operaciones aéreas.
  - ❖ **OJT Formación en el puesto de trabajo** (On-the-job training)-Formación impartida mientras se trabaja en el puesto de trabajo habitual, a diferencia de la formación en el aula.
  - ❖ **OSHA Occupational Safety and Health Administration** (Administración de Seguridad y Salud Ocupacional) - Organización del Departamento de Trabajo de EE.UU. responsable de establecer las normas de salud y seguridad para las empresas y la industria.
  - ❖ **Ciclo operativo Despegue, vuelo y aterrizaje de una aeronave**.
  - ❖ **Comprobación operativa Tarea para determinar si un elemento está cumpliendo su propósito**. Se trata de una tarea de búsqueda de fallos y no requiere
  - ❖ **Tolerancias cuantitativas o cualquier otro equipo que no sea el propio elemento**.
  - ❖ **Ops Specs Especificaciones de operaciones**-Documento específico de la aerolínea que identifica en detalle los programas de operaciones y mantenimiento de la aerolínea. Debe ser aprobado por la FAA.
  - ❖ **Funciones de supervisión** Aquellos elementos de la organización de M&E que supervisan el desempeño de las demás actividades de M&E.
  - ❖ **PAI Inspector principal de aviónica**: representante de la FAA asignado a una compañía aérea para el enlace y la asistencia en asuntos relacionados con los sistemas de aviónica.
  - ❖ **PC Certificado de producción**: certificado emitido por la FAA al fabricante de un modelo de avión aprobado.
  - ❖ **PERT Técnica de evaluación y revisión de programas**: técnica de planificación y programación gráfica para proyectos complejos. Identifica cada elemento que debe realizarse, la secuencia en la que deben ejecutarse los elementos y los conflictos que puedan surgir.
  - ❖ **PIC Piloto al mando-Oficial superior de la tripulación de un avión**.
  - ❖ **PIREP Informe del piloto** - Anotación en el cuaderno de bitácora u otro informe (verbal o electrónico) de un miembro de la tripulación de vuelo sobre una discrepancia o mal funcionamiento de la aeronave.
  - ❖ **PMI Inspector principal de mantenimiento**: representante de la FAA asignado a una aerolínea para el enlace y la asistencia en asuntos de mantenimiento.
  - ❖ **POI Inspector principal de operaciones**-Representante de la FAA asignado a una compañía aérea para el enlace y la asistencia en asuntos relacionados con las operaciones de vuelo.
  - ❖ **PP&C Planificación y control de la producción**-La organización de M&E
  - ❖ **responsable de planificar y programar toda la actividad de mantenimiento en la aerolínea**.
  - ❖ **Módulo de programa** Parte de un programa informático diseñada para proporcionar operaciones/manipulaciones específicas de datos almacenados o de entrada.

- ❖ *QA Garantía de calidad*-La organización de M&E responsable de establecer las normas de funcionamiento y de supervisar las unidades del operador para garantizar que se cumplan dichas normas.
- ❖ *QC Control de calidad*-La organización de M&E responsable de llevar a cabo la inspección de los trabajos de mantenimiento (cuando sea necesario) y de la calibración de las herramientas y los equipos de prueba. Los inspectores de control de calidad pueden ser dedicados (a tiempo completo) o delegados (a tiempo parcial).
- ❖ *QEC Cambio rápido de motor*: proceso de desmontaje y sustitución de un motor de avión con un mínimo de tiempo de inactividad. Todas las actividades de preparación del motor (EBU) se han realizado antes del QEC para facilitar la retirada e instalación rápidas.
- ❖ *RCB Junta de control de fiabilidad*-El órgano de gobierno del programa de fiabilidad de la aerolínea; formado por todos los directores de centros de trabajo afectados.
- ❖ *R&I Remoción e instalación*-Procedimiento para la remoción e instalación de partes o sistemas de la aeronave designados como LRUs.
- ❖ *Redundancia* El uso de dos o más elementos en paralelo o en un arreglo primario/secundario para asegurar un soporte completo en caso de que una unidad falle.
- ❖ *Fiabilidad* Probabilidad de que un elemento realice una función requerida, en condiciones especificadas y sin fallos, durante un tiempo determinado.
- ❖ *Programa de fiabilidad* Conjunto de normas y prácticas para gestionar mantenimiento y controlar el programa de mantenimiento.
- ❖ *Fallo residual* Modo de fallo que permanece si se rechaza una modificación propuesta de la unidad o un cambio propuesto del programa de mantenimiento. El coste de estos fallos debe considerarse en la decisión de incorporar o no la modificación.
- ❖ *Restauración* El trabajo necesario para devolver un elemento a un estándar específico. La restauración puede variar desde la limpieza de la unidad o la sustitución de una sola pieza hasta una revisión completa.
- ❖ *RII Elemento de inspección obligatorio*: aquellos elementos que podrían dar lugar a un funcionamiento inseguro de la aeronave si el mantenimiento no se realiza correctamente o si se utilizan piezas inadecuadas.
- ❖ *SB Boletín de servicio*: documento emitido por el fabricante para modificar o mejorar el funcionamiento de un componente o sistema de la aeronave. Puede incluir la sustitución de piezas; inspecciones o comprobaciones especiales; o un cambio en los límites de vida útil. La incorporación por parte de la compañía aérea es opcional.
- ❖ *Mantenimiento programado* Actividades simples de mantenimiento y/o revisión diseñadas para mantener el nivel inherente de seguridad y fiabilidad de un sistema; se realizan a intervalos específicados.
- ❖ *Desviación estándar* Parámetro estadístico que identifica la dispersión relativa de los puntos de datos en torno a un valor medio.
- ❖ *Mantenimiento* Acto de atender las necesidades básicas de los componentes y/o sistemas con el fin de mantener las capacidades inherentes al diseño.
- ❖ *SL Carta de servicio*-Documento emitido por el fabricante para identificar un consejo de mantenimiento o un nuevo procedimiento. Su incorporación es opcional.
- ❖ *Inspección especial detallada* Examen intensivo de un lugar específico; similar a la inspección detallada pero con la adición de técnicas especiales.
- ❖ *SSI Elemento estructuralmente significativo*-Cualquier detalle, elemento o conjunto que contribuya significativamente a la carga de la aeronave y cuyo fallo podría afectar a la integridad estructural necesaria para la seguridad de la aeronave.
- ❖ *Sistema*-Conjunto de componentes diseñados para trabajar juntos y realizar eficazmente una determinada función.
- ❖ *Límites del sistema* Los límites de consideración de un estudio, análisis, observación o uso de un conjunto de componentes.
- ❖ *Elemento del sistema* Cualquier componente al que se puede asignar una función o un atributo en el contexto del sistema definido.
- ❖ *Interfaz del sistema* Punto en el que dos sistemas o dos elementos o subsistemas se conectan o interactúan. Esta interacción puede ser directa o indirecta; puede ser eléctrica o mecánica; puede ser a través de dispositivos de cableado, sensoriales o de transmisión.
- ❖ *Enfoque sistemático* Un proceso paso a paso; un proceso o procedimiento esencialmente lineal en el que se logra algún objetivo realizando un paso a la vez, en secuencia, hasta lograr el resultado o el objetivo deseado.
- ❖ *Enfoque sistémico* Enfoque para el estudio de un sistema complejo que considera todos los aspectos paralelos e interactivos a la vez, a diferencia del enfoque sistemático, que es un proceso lineal.
  
- ❖ *Ingeniería de sistemas* Aplicación de los principios de la ingeniería al estudio y desarrollo de un sistema.
- ❖ *TC Certificado de tipo*: certificado emitido por la FAA que identifica un diseño específico y aprobado de una aeronave.
- ❖ *Tercero* Cualquier persona u organización ajena a la compañía aérea que realiza actividades de servicio o mantenimiento para la misma.
- ❖ *Comprobación de tránsito* Comprobación de mantenimiento realizada antes de cada vuelo (es decir, en el momento de dar la vuelta a la aeronave).
- ❖ *Solución de problemas* Proceso de estudio y análisis de un problema para determinar la causa y resolverlo.
- ❖ *TN Número de cola*: número de identificación de la aeronave, normalmente pintado en la cola.

- ❖ *UCL Límite superior de control-Parámetro estadístico utilizado para establecer un nivel de alerta de fiabilidad (un valor medio más un múltiplo de la DE).*
- ❖ *Mantenimiento no programado Mantenimiento realizado para restablecer un elemento que ha fallado o se ha deteriorado más allá de los niveles utilizables a su nivel inherente (diseñado) de fiabilidad y seguridad.*
- ❖ *Validación Aceptación de un procedimiento de prueba después de haberlo realizado con éxito.*
- ❖ *Verificación Aceptación de un procedimiento de prueba basado en el conocimiento de la unidad sometida a prueba y la comprensión del procedimiento. (El procedimiento no se realiza realmente).*
- ❖ *Comprobación visual Observación para determinar si un elemento cumple su función. Se trata de una tarea de búsqueda de fallos y no requiere tolerancias cuantitativas.*
- ❖ *Inspección zonal Varias tareas de inspección visual realizadas en un área específica (zona) de la aeronave.*