

APUNTES TEMA – 2  
MANTENIMIENTO DE AERONAVES

CONSECUENCIAS DEL FALLO DE UN COMPONENTE

- Seguridad operacional.
- En la operación.
- En la rentabilidad

Los altos costes de mantenimiento y la baja rentabilidad que daba tener que hacer los mantenimientos se regularicen y se busquen medidas para optimizar los procesos.

MSG – 1

En el año 1968 comienza a regularse el mantenimiento de aeronaves. Podría decirse que está ligado al lanzamiento del Boeing 747.

El fabricante Boeing se junta con la FAA y forman el Maintenance Steering Group (MSG) con el fin de garantizar la máxima fiabilidad de las aeronaves. Es por ello que, la FAA, es decir, la autoridad, interviene con el fin de certificar y regular la fabricación de aeronaves de manera que se consiga la máxima seguridad.

Además del fabricante Boeing y la autoridad FAA, tiempo más tarde se incorporan en el proceso los diseñadores, personal de mantenimiento, proveedores y aerolíneas.

El Maintenance Steering Group (MSG) 1 está compuesto por:

- Autoridad. (ej:FAA)
- Proveedor.
- Operador.
- Mantenimiento.
- Fabricante (ej:Boeing)

El MSG crea un documento que es el Maintenance Evaluation and Program development (MEPD) que consiste en desarrollar un árbol de decisión para desarrollar los procesos de mantenimiento. Para la elaboración de este tipo de árboles de decisión se utiliza la técnica bottom -up, es decir, desde abajo hasta arriba, primero el componente y después el sistema.

El MSG- 1 está formado por 6 grupos:

- Estructuras: hablaos del esqueleto de la aeronave, que puede ser:
  - La célula: el fuselaje del avión
  - El motor
  - Estructura principal: vigas, cuaternas, etc.
    - ¿Qué 3 elementos pueden afectar a las estructuras del avión?
      - La presión
      - La meteorología
      - La propia operación del avión.
- Sistemas mecánicos: por ejemplo, los flaps y los trenes de aterrizaje
- Motores y APU: motores y unidad de potencia auxiliar.

- Electricidad y aviónica: todo el sistema eléctrico del avión y toda la aviónica y sistemas de comunicación.
- Controles de Vuelo e hidráulica: todos estos componentes se mueven de dos maneras:
  - Cables y poleas
  - Sistemas hidráulicos.
- Otras zonas: son el resto de las partes del avión que no están incluidos en los 5 anteriores, por ejemplo; interior del avión, etc.

El objetivo final de la división de estos 6 subgrupos anteriormente descritos es determinar qué tres procesos (Hard Time, On Condition y Condition Monitoring) son requeridos para repararlos y devolverlos al servicio. Es decir, la finalidad de todo esto es dividir los componentes en subgrupos para poder encasillarlos en esos tres procesos para llevar a cabo un mantenimiento rentable.

Los tipos de procesos que se realizan dentro del MSG – 1 son Hard Time y On Condition.

*Resumen: Todo lo que hemos visto hasta ahora del MSG-1 lo que viene a ser es lo siguiente. Antes del lanzamiento del Boeing 747 el mantenimiento no era en absoluto rentable para los fabricantes de las aeronaves porque no se llevaba a cabo ningún proceso regularizado que permitiese llevar al día el mantenimiento, saber qué componentes revisar, cuáles cambiar, cuales reparar, a cuáles hacerles un hard time, a cuáles hacerles un On condition, a cuáles hacerles condition monitoring, etc. Es precisamente esta la finalidad del MSG- 1, la de organizar un poco todo el mantenimiento para la conseguir que el mantenimiento sea rentable.*

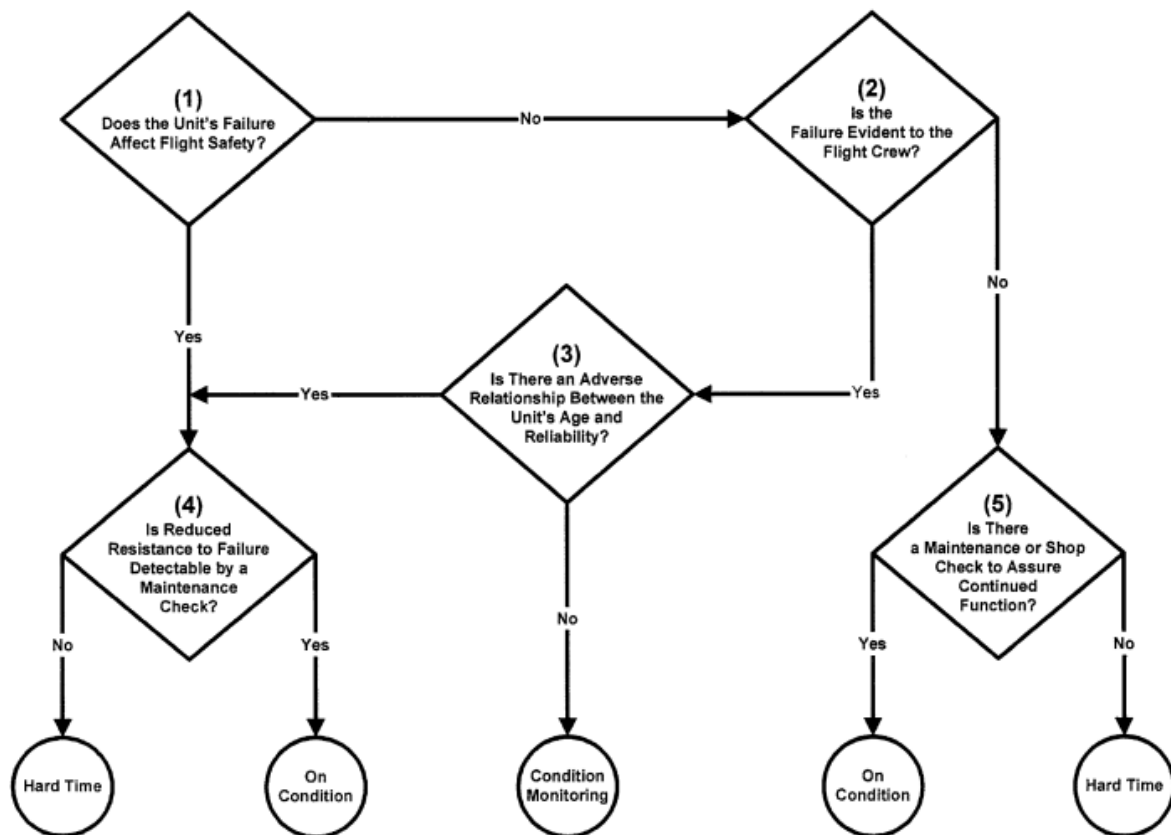
## MSG – 2

Objetivo principal: mantener la fiabilidad inherente de la aeronave tal cual se diseño. De igual forma que el MSG-1 intentar pulir la clasificación de los componentes en diferentes subgrupos.

- Las tareas u objetivos del MSG – 2 son las siguientes:
  - Identificar el mantenimiento o estructuras que requieran análisis.
  - Identificar las funciones y fallos asociados.
  - Identificar las tareas.
  - La aplicabilidad de estas tareas y seleccionar las necesarias.
  - Para las estructuras evaluar los Thresholds.
- El MSG – 2 establece tres grupos de componentes:
  - Sistemas y componentes: este nuevo grupo del MSG-2 unifica 3 subgrupos del MSG-1. (sistemas mecánicos, electricidad y aviónica y controles de vuelo e hidráulica)
  - Estructuras
  - Motores.

En el MSG – 1 habíamos visto que se centraban más en los procesos de Hard Time y On condition, este MSG-2 ya implementa también el Condition Monitoring.

### ÁRBOL DE DECISIÓN DEL MSG-2



**Figure 2-1** Simplified MSG-2 flow chart.

- ¿Qué problemas presentaba el MSG-2?
  - No diferencia el mantenimiento realizado por razones de seguridad vs por razones económicas.
  - Se volvió un poco difícil de gestionar porque requería el seguimiento de demasiados componentes.
  - A medida que salían nuevos aviones dejaba de ser tan efectivo.
  - Tomaba poco en cuenta las regulaciones con respecto las tolerancias al daño y las fatigas de los materiales de las estructuras.

## MSG – 3

El MSG – 3 surge como una serie de modificaciones del MSG-2 realizadas por la ATA (Air Transport Association) asociación de aerolíneas de EE. UU., la cual hace ciertas modificaciones del MSG – 2.

El MSG-3 está orientado a tareas programadas en intervalos específicos, NO a procesos.

El enfoque del MSG-3, a diferencia de los MSG-1 y MSG-2, es de arriba abajo (Top Down), desde lo más general a lo más específico.

En lo que se centran es en tres tipos de categorías:

- Safety
- Económico
- Operacional

Lo que pretenden es mostrar si el fallo tiene afección a la seguridad, la economía o la operacional.

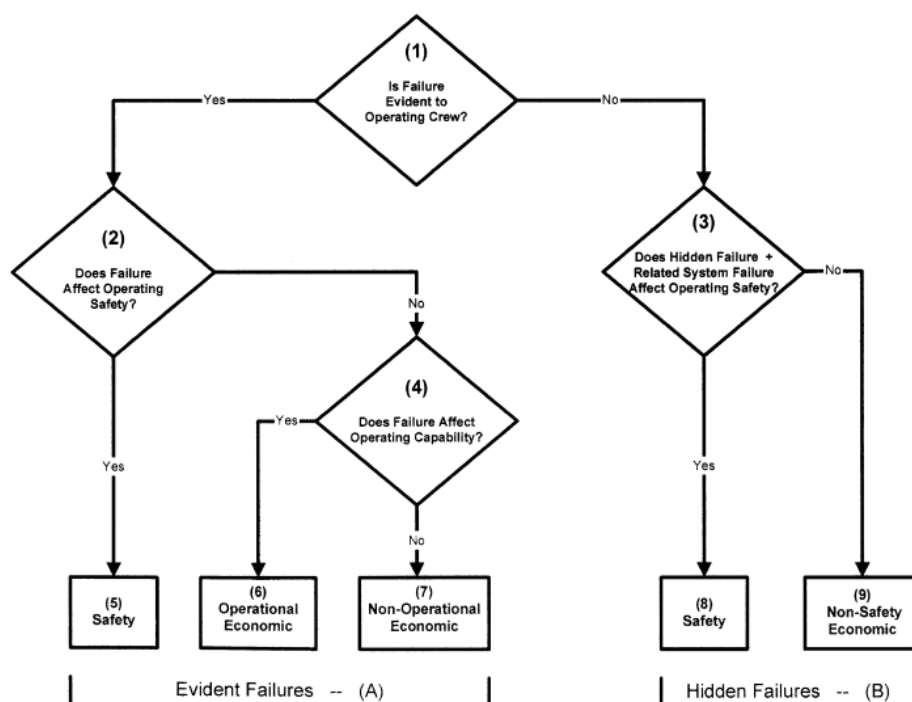
El MSG-3 también utiliza mantenimiento orientado a procesos (hard time, on condition, condition monitoring) pero se refiere a estos procesos como tareas.

El análisis del MSG-3 se centró también en ítems conocidos como MSI.

- MSI: ítems cuyo fallo o mal funcionamiento podría tener uno o más de los siguientes efectos o características:
  - Afección a la seguridad en tierra o en vuelo.
  - Es indetectable durante las operaciones.
  - Tiene un importante impacto económico en la operación.

De los MSI se identifica el impacto que pueden tener sus fallos y también se establecen los intervalos de tiempo específicos en los que hacer mantenimiento a estos MSI.

- Árbol de decisión de MSG-3



Debemos fijarnos en una primera distinción que se hace en este árbol de decisión, y es que los fallos se clasifican en fallos ocultos o fallos evidentes.

- Evident failures:

Ej. Non-operational Economic: Asiento roto.

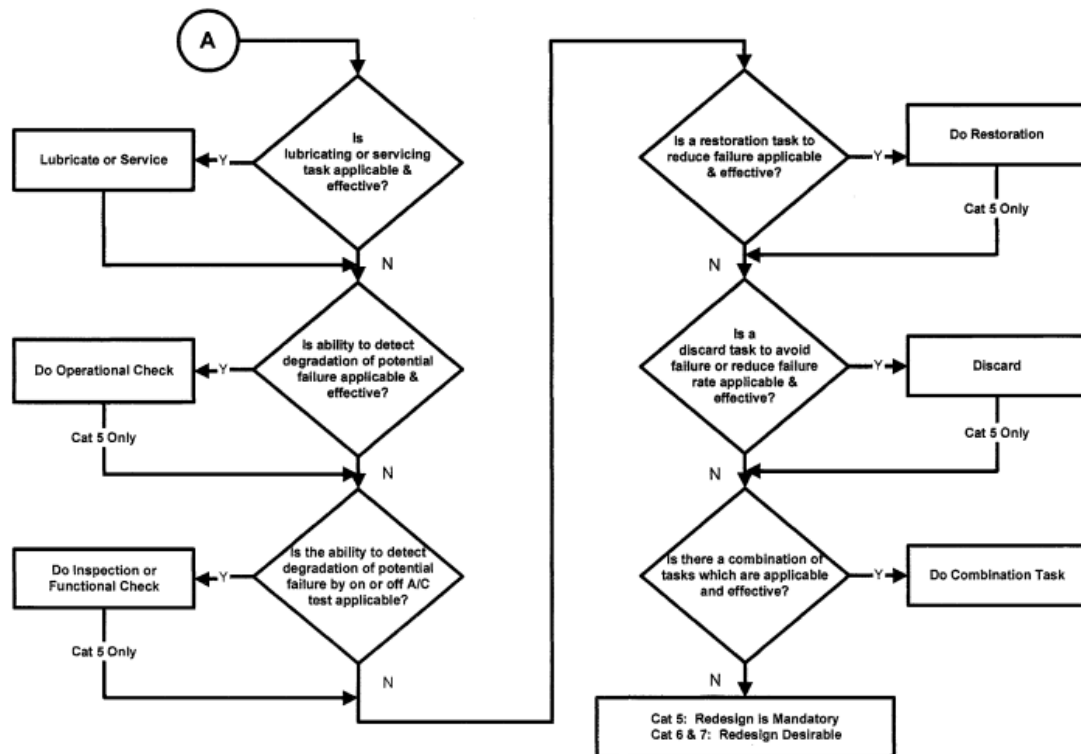
Ej. Operational-Economic: rampa de emergencia.

Ej. Safety: cualquier elemento que aparezca en la MEL como AOG (Aircraft On Ground), es decir, que no pueda volar con eso.

- Hidden failures:

Ej. Safety: tirar de la palanca de tren de aterrizaje y que no se encienda la luz que indica su apertura

Una vez que somos capaces de identificar y clasificar los fallos entre evidentes y ocultos, pasaremos entonces al nivel de análisis 2 donde seleccionaremos la tarea más efectiva y rentable.



El Maintenance Steering Group (MSG) 3 está compuesto por:

- Autoridad. (ej:FAA)
- Proveedor.
- Operador
- Mantenimiento.
- Fabricante (ej:Boeing)

- Dentro del tipo de mantenimiento orientado a procesos On Condition encontramos:
  - Inspecciones NDT: Non Destructive Test →
    - Las más básicas son; visual, auditiva, olfativa y tacto.
    - También podemos encontrar otras más sofisticadas como Rayos X, líquidos penetrantes o conductividad (corrientes eléctricas).

**Nota:** si en el examen me pregunta por el tipo de mantenimiento On Condition, también tengo que contarle las inspecciones NDT.

- Condition Monitoring:
  - Implica monitorización de fallos.
  - No es mantenimiento preventivo.
  - Los componentes de Condition Monitoring son operados hasta su fallo.
  - ATA condiciones:
    - Componente con efectos no adversos en seguridad cuando falle.
    - No puede tener funciones ocultas.
    - El componente debe ser incluido en el programa CM del operador.

¿De dónde puedo sacar información para saber si meto un componente en Condition Monitoring o no?

- De los informes de las tripulaciones.
- De los centros de mantenimiento.
- De los "diferidos". Es decir, cuando la MEL me da información de que puedo volar con ese componente roto.

### MANTENIMIENTO ORIENTADO A TAREAS (EXAMEN)

Este mantenimiento coexiste con el mantenimiento orientado a procesos en programas de mantenimiento.

Este tipo de mantenimiento se establece mediante árboles de decisiones lógicas. Este tipo de mantenimiento nace entre el MSG-2 y el MSG-3.

En este mantenimiento se aplica la técnica Top Down al igual que en el MSG-3.

Este mantenimiento trata de averiguar en que componente se ha producido el fallo mediante "*Trouble shooting*".

- Existen 3 categorías:
  - Célula. El fuselaje, los ~~motores~~, etc., incluidos los capós de los motores.
    - Mantenimiento que se realiza en la célula:
      - **Lubricar**: aceites, siliconas, grasas, etc. a los distintos componentes del avión para mantener las características iniciales de ese componente y sobre todo para minimizar en la medida de lo posible que el rozamiento de las piezas no desgaste las piezas que estamos lubricando. Cualquier item del avión que tenga rozamiento irá lubricado.
      - **Tareas de servicio**: son unas tareas más complejas que las anteriores pero que tienen el mismo objetivo, mantener las características iniciales de ese componente. Por ejemplo, las "paesas", es decir, es un tipo de revisión que se realiza para comprobar cuanta viruta metálica proveniente de la fricción del motor se encuentra en el aceite de un motor. *revisar niveles de aceite*
      - **Inspección**: examinar el componente y compararlo con los estándares establecidos.   
\*\*Un ejemplo de esto puede ser un tornillo, si debe tener un agarre dentro de un margen determinado y está desgastado, deberé cambiarlo.\*\*
      - **Examen funcional**: para realizar este mantenimiento es necesario un utillaje específico. Se inspeccionará el equipo y se verificará si el componente cumple con las especificaciones (tolerancias) dentro de los límites especificados por el fabricante, por tanto, se requerirá el manual del fabricante para observar dichos límites. Para validar este tipo de mantenimientos, el operario de mantenimiento deberá contar con una licencia tipo C. Ejemplo, un componente que debe trabajar a 17°, yo haré el mantenimiento y veré si el componente cumple con la tolerancia, una tolerancia de, por ejemplo, 0,5°, por tanto si está a 17,5° también se acepta\*\*.
  - *es menos específico que el funcional* • **Examen operacional**: es muy parecido al anterior pero aquí no hay tolerancias.   
\*\*Ejemplo: imaginemos la inspección de un tren de aterrizaje, en una inspección funcional, si el fabricante me dice que se tiene que abrir entre 15 y 30 segundo y se abre en 29 segundo, supera el examen funcional. (la tolerancia es el intervalo de 15 segundos dictado por el fabricante). Por el contrario, el examen operacional no tiene tolerancias, y en este ejemplo sólo se miraría se el tren de aterrizaje se abre o no, es

decir, en el operacional sólo comprobamos que el componente completa la misión para el que ha sido fabricado.\*\*

- **Inspección Visual:** Observar si el ítem desarrolla en su totalidad su propósito funcional para el que ha sido diseñado. Ejemplo: estoy en un avión y me dicen que tengo que chequear los flaps, y me dicen que tengo que extenderlos 10°, con un utillaje tan sencillo como un transportador de ángulos observaré que todo funciona correctamente y listo.
  - **Restauración de componentes:** restaurar el componente con el mismo objetivo, devolverlo a las características iniciales. (recordad que el overhaul te devuelve la vida útil del componente como en el momento 0 de su vida útil, mientras que el restore, casi casi pero no tanto).
  - **Discard (desechar):** tirar el componente. Es el más fácil pero el más caro.
- **Estructura.** Es la parte correspondiente a todo el fuselaje interno del avión. La estructura corresponde a todas las vigas, las cuadernas, en general a toda la estructura que no se ve. El mantenimiento que se realice en la estructura del avión es de los más importantes ya que determina la longevidad de la aeronave. El deterioro medioambiental implica determinar o acortar en cierta medida los intervalos de mantenimiento. Ejemplo: en una zona donde las condiciones ambientales son más extremas que en otra implicará que los intervalos de mantenimiento deban acortarse. Además del deterioro ambiental, la estructura del avión podrá sufrir deterioros accidentales (escalera del avión o finger). Además, de los deterioros medioambientales y accidentales encontramos también el deterioro por fatiga de materiales, esta fatiga se da por ejemplo por la presurización y despresurización de cada vuelo. Por tanto, ¿Qué provoca deterioro de la estructura?:

- Deterioro medioambiental
- Deterioro accidental.
- Deterioro por fatiga de materiales.

▪ **Mantenimiento que se realiza en la estructura:**

- **Visual:** golpes en el avión y valoración de daños de la estructura. Otro ejemplo son los remaches.
- **Inspección visual detallada:** Con esto se pretende buscar el detalle. Aquí entran nuevas variables y son que se realice la inspección con unas condiciones especiales de luz y condiciones atmosféricas adecuadas. Además, se necesitarán instrumentos especiales como una lupa o calibre. Es decir:
  - Luz y condiciones atmosféricas adecuadas.
  - En instalaciones adecuadas.
  - Con utillaje específico.
- **Inspección detallada** en un sitio adecuado, con utillaje adecuado, pero con una serie de pruebas más en profundidad, estas son las NDT (Non Destructive Test). \*\*Por ejemplo, con el uso de un boroscopio que permita ver fracturas, agrietamientos y demás indicios de daños en componentes. \*\*Por ejemplo, si hay una grieta en una

estructura, ¿cómo podemos medir la longitud de la grieta? Con líquidos penetrantes, con corrientes eléctricas, boroscópicas o con rayos X

Todas estas pruebas deberán ser realizadas por personal debidamente cualificado.

- Zonales: en la zona que hayamos definido para analizar se realizará una vigilancia con las herramientas tanto visuales como no visuales que tengamos.

*Si me preguntan esto en el examen tendré que decir el tipo de mantenimiento de las tres categorías.*