

1.7. FALLO MECÁNICO

Se entiende por fallo de una máquina cualquier cambio en la misma que impida que ésta realice la función para la que fue diseñada. Dentro de esta definición cabe un gran número de diferentes tipologías de fallo, clasificadas según la causa que lo generó: fallo mecánico, fallo eléctrico, fallo en la instrumentación de medida, fallo en los dispositivos de control, etc.

Las causas de fallo de una máquina son también numerosas y muy diversas. No suelen ser las mismas cuando el fallo se produce en el inicio de la vida útil de la máquina que cuando se produce al final de su vida útil. Así, los fallos pueden clasificarse según la probabilidad asociada a la edad de la máquina.

1.7.1. TIPOS DE FALLO SEGÚN LA PROBABILIDAD ASOCIADA A LA EDAD DE LA MÁQUINA

En función de la probabilidad de que aparezcan fallos y de la dependencia de esta probabilidad del momento a lo largo de la vida útil de la máquina, estos fallos pueden clasificarse en:

- **Fallos infantiles.** Suelen ser debidos a defectos en la fabricación de alguna de las piezas o a un incorrecto montaje. La probabilidad de aparición de estos fallos decrece con el tiempo, por lo que son más probables al inicio de la vida útil de la máquina o durante el período de rodaje inicial. En algunos casos, el rodaje es necesario para que las piezas con movimiento relativo ajusten sus geometrías (el ajuste se produce por desgaste o deformación del material). Durante este rodaje, la falta de ajuste puede producir vibraciones que disminuyan la calidad del producto fabricado, pudiendo esto ser considerado un tipo de fallo funcional.
- **Fallos producidos por el desgaste y envejecimiento.** Estos fallos pueden tener varios orígenes. Algunos de ellos pueden estar vinculados a errores durante la fabricación que dan lugar a un crecimiento progresivo del defecto (grietas, tratamientos térmicos incorrectos, fallos en las soldaduras, acabados superficiales defectuosos, inclusiones de gas en la fundición). Otros pueden deberse a variaciones en las propiedades del material por motivos químicos (corrosión) o térmicos (dilataciones, contracciones, cambio de propiedades). En otros casos su origen puede ser un inadecuado diseño mecánico o un cambio en las características de las piezas (desgaste, fatiga, desequilibrio) o un incorrecto montaje (desalineación). Finalmente, estos fallos pueden deberse también a un inadecuado o inexistente mantenimiento (limpieza, lubricación).

Los fallos de este tipo tienen una probabilidad de aparición creciente exponencialmente con el tiempo, ya que suelen tener un carácter acumulativo.

- **Fallos aleatorios.** Los fallos aleatorios pueden tener orígenes diversos y se producen por azar, por lo que su probabilidad de aparición se mantiene constante durante toda la vida de la máquina.

La figura 1.1 representa de forma cualitativa la curva de probabilidad de aparición de cada uno de estos tipos de fallo (infantil, envejecimiento y aleatorio) frente al tiempo de vida de la máquina. Se representa también la probabilidad total de fallo, obtenida como suma de las otras tres. A esta última curva se le llama habitualmente, por su forma, curva de bañera.

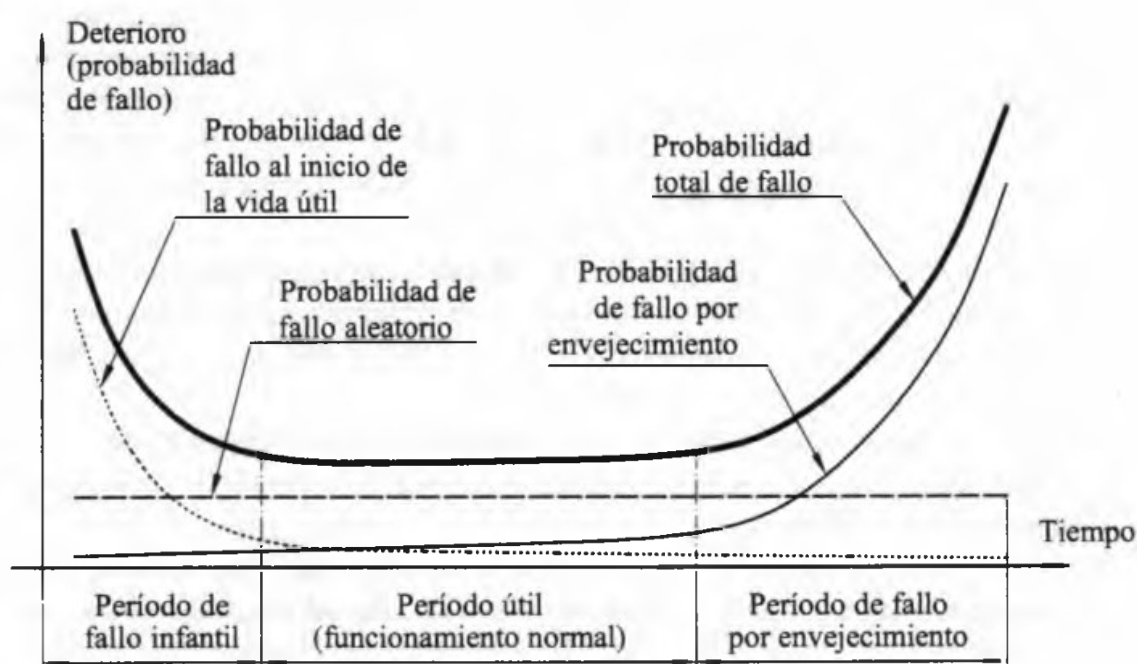


Figura 1.1. Curva de vida de una máquina

1.7.2. TIPOS DE FALLOS MECÁNICOS

Partiendo de la definición de fallo de una máquina, la definición de fallo mecánico puede deducirse por reducción. Así, de forma estricta se entiende por fallo mecánico cualquier cambio en el tamaño, forma o propiedades del material de una estructura, máquina o parte de una máquina que impide que ésta pueda realizar la función para la que fue diseñada. Sin embargo, en la práctica, dentro del concepto de fallo mecánico suelen incluirse otros tipos de fallos causados por el fallo de sistemas vinculados al funcionamiento mecánico, tales como sistemas de lubricación, sistemas hidráulicos, etc. Teniendo esto en cuenta, todo fallo mecánico está incluido en una de las dos grandes categorías: fallo estructural y fallo funcional.

- **Fallo estructural.** Aparece por el cambio de tamaño, forma o propiedades mecánicas de una o varias partes de la máquina. El deterioro puede producirse a nivel superficial o en puntos no superficiales.

- **Fallo superficial.** Ocurre cuando la superficie de la pieza se deteriora. Puede estar causado por desgaste debido a un contacto con otros sólidos en el que existe movimiento relativo, por oxidación o corrosión de materiales metálicos, por fatiga superficial, etc.

El fallo superficial cambia la geometría de la pieza generalmente creando o incrementando las holguras. Esto provoca, en el mejor de los casos, un decremento de la precisión de trabajo de la máquina y, en el peor de los casos, un fallo no superficial (rotura) debido a la reducción de la sección.

Existen técnicas específicas para evitar cada una de las causas que producen el fallo superficial. El desgaste se puede evitar mediante tratamientos de endurecido superficial y con un sistema de lubricación adecuado. La oxidación y la corrosión se pueden evitar impidiendo que el metal vivo entre en contacto con agua y ácidos o conduzca corriente eléctrica. Finalmente, la fatiga superficial se puede combatir evitando que las tensiones superficiales de contacto sean elevadas, para lo que se requiere que los radios de curvatura sean amplios.

- **Fallo no superficial.** Este tipo de fallo está asociado generalmente con la rotura completa (seccionado) del material. El fallo no superficial puede ser estático o por fatiga.

El fallo estático se produce por estar sometiendo al material a un nivel de tensión por encima de su límite de fluencia. En tal caso el material se deforma hasta romperse (el grado de deformación depende de si el material tiene un comportamiento dúctil o frágil). En el caso de máquinas, este fallo se puede evitar con un dimensionamiento adecuado de los elementos resistentes y evitando la aparición de sobrecargas en el funcionamiento de la máquina.

El fallo por fatiga también termina con la rotura de la pieza, pero comienza por la aparición de una grieta en puntos donde existe concentración de tensiones (ranuras, cambios bruscos de sección, etc.) y variación de la tensión con el tiempo (ciclos de carga). Durante la mayor parte de la vida de la pieza, la grieta crece disminuyendo la sección resistente hasta un punto en el que dicha sección es tan pequeña que no es capaz de resistir los esfuerzos y entonces el fallo finaliza con una rotura estática. El fallo por fatiga es favorecido por numerosos factores: uso de ciertos metales, concentración de tensiones, elevada rugosidad superficial, temperaturas elevadas, etc. En consecuencia, para evitar este tipo de fallo lo más importante es dimensionar adecuadamente los elementos resistentes de la máquina evitando en lo

posible la concentración de tensiones. También es interesante proporcionar un buen acabado superficial a las piezas y evitar que éstas estén sometidas a temperaturas excesivas durante el funcionamiento.

- Fallo por deformación excesiva. En ocasiones la deformación de una pieza (aunque no llegue a romperse) provoca que la máquina no pueda realizar su función. En ciertos casos la máquina puede seguir funcionando, pero esta deformación disminuye la calidad de su funcionamiento y acorta la vida útil de algunos componentes. En tales casos, esta deformación constituye una forma de fallo que debe ser prevista y evitada durante el diseño de la máquina. Para ello basta con asegurar la rigidez de los elementos estructurales.
- **Fallo funcional.** Aparece por el disfuncionamiento de alguno de los sistemas que evitan el fallo estructural o por algún tipo de sobrecarga. Así, los fallos funcionales (asociados al fallo mecánico) más comunes son:
- Fallo en el sistema de lubricación. Aparece cuando la lubricación es inadecuada en algún punto de la máquina. Su efecto más común es la aparición de contacto metal-metal y el consiguiente rozamiento, desgaste y deterioro superficial.
 - Fallo en los sistemas hidráulico o neumático. En ciertos casos, un fallo en estos sistemas puede provocar un fallo estructural.
 - Fallo por sobrecarga térmica. Ocurre cuando alguno de los elementos (fijos o móviles) estructurales se ve sometido a una temperatura elevada durante el funcionamiento. Este incremento de temperatura provoca un decremento notable en las propiedades mecánicas del material, lo que puede derivar en un fallo estructural.
 - Fallo por sobrecarga. Se dice que una máquina está funcionando en una situación de sobrecarga cuando la carga resistente que ésta ha de vencer es superior a aquella para la que fue diseñada. El incremento de carga resistente tiene como consecuencia un incremento de las fuerzas internas de los elementos estructurales de la máquina, pudiendo llegar a superar las fuerzas máximas para las que dichos elementos fueron dimensionados. En tales casos puede aparecer un fallo mecánico en las diferentes topologías que se han expuesto.

En los temas siguientes se estudian los modos de fallo de los principales sistemas y elementos mecánicos. El conocimiento de estos modos es fundamental para poder aportar soluciones que eviten su aparición tanto en la fase de diseño de la máquina como en la fase de utilización. Además, su conocimiento también permite

determinar las causas que provocó el fallo y las técnicas de reparación más adecuadas a cada caso.