



CONCEPTO DE FIABILIDAD (RELIABILITY)

Documento elaborado por:

Arturo Ruiz-Falcó-vocal del Comité de Confiabilidad de la AEC.

En la guerra de Korea (años 50) el Departamento de Defensa (DoD) de los EE.UU introdujo sistemas electrónicos que iban a proporcionar a su armamento una superioridad tecnológica definitiva. Sin embargo, se llevó la sorpresa de que el 70% de las nuevas armas electrónicas no funcionaron en los momentos en los que debieran haberlo hecho. Ante este hecho el DoD constituyó el grupo de trabajo AGREE (ADVISORY GROUP OF ELECTRONIC EQUIPMENT) para buscar soluciones a este problema. Este grupo publicó el informe conocido como "AGREE REPORT" que sentaría las bases de la ingeniería de fiabilidad.

Las normas UNE definen la **fiabilidad** como *"aptitud de un elemento para realizar una función requerida, en condiciones dadas, durante un intervalo de tiempo dado"*.

En esta definición aparecen los tres aspectos esenciales relacionados con la fiabilidad de un componente, equipo o sistema y que deben estar definidos de manera precisa:

- ¿Qué función debe desempeñar?
- ¿En qué condiciones debe desempeñar la función?
- ¿Cuánto tiempo debe desempeñar de manera satisfactoria la función en esas condiciones?

Por otra parte, la definición habla de **aptitud**. Para poder evaluar la fiabilidad resulta necesario medir dicha aptitud, que es un concepto abstracto. Para solucionar esto, las normas UNE incluyen otra definición en la que el término *"aptitud"* se reemplaza por *"probabilidad"*, permitiendo de esta manera realizar evaluaciones y seguimientos de la fiabilidad de componentes, equipos o sistemas. Por esta razón, la estadística y las probabilidades son herramientas fundamentales en la ingeniería de fiabilidad. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que aquéllas no son más que herramientas que permiten obtener conclusiones supuestas unas hipótesis que deben apoyarse en conocimientos sobre el comportamiento del equipo en cuestión (por ejemplo, cómo envejece, etc.) ya que de otra manera los cálculos se alejarían de la realidad.

James R. Schlesinger, Secretario de Defensa de los EE.UU. resumió todo lo anterior como sigue:

"...si eso que me están contando sirve para fabricar cosas que funcionen, entonces la fiabilidad no es otra cosa que la ingeniería en su manera más práctica".

Seguramente, esta definición es la más clara de todas.

En términos matemáticos, la Fiabilidad de un determinado dispositivo en el instante T, R(t), viene definida en función de su tasa de fallo, $\lambda(t)$, mediante la siguiente expresión:

$$R(T) = e^{-\int_0^T \lambda(t) dt}$$

Para el caso de dispositivos con tasa de fallo constante, $\lambda(t)=\lambda$, se verificará que:

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

2

La Fiabilidad de un dispositivo en un instante t representa la probabilidad de que dicho dispositivo “sobreviva” a ese instante, supuesto que estaba en perfectas condiciones operativas en el instante inicial y que va a estar sometido en el período $(0,t)$ a unas condiciones operativas contempladas en su diseño. Representa la función de distribución de la variable tiempo hasta el fallo.

CENTRO DE CONOCIMIENTO AEC



APLICACIÓN DE LA FIABILIDAD

Las principales aplicaciones de la ingeniería de fiabilidad son las siguientes:

PREDECIR LA FIABILIDAD QUE TENDRÁ UN NUEVO DISEÑO

En general, esto se hace modelizando el sistema mediante técnicas como el diagrama de bloques, árbol de fallos, etc. y empleando datos disponibles de diseños anteriores. En algunos casos, se emplean también ensayos “acelerados” en los que, forzando el aumento de alguna de las condiciones de funcionamiento, se produce un envejecimiento del dispositivo en cuestión, anticipándose los fallos.

MEJORAR LA CALIDAD DE UN DISEÑO

Genichi Taguchi, ingeniero japonés introductor del concepto “Función de pérdidas” e impulsor de los diseños robustos, decía que *“midiendo la fiabilidad no se consigue fiabilidad”*. Conseguir productos más fiables que los de los competidores permite alcanzar una ventaja competitiva sobre ellos.

Una variante de lo anterior es la reducción del coste de fabricación, manteniendo la fiabilidad del producto. Esto puede conseguirse identificando qué componentes o factores son clave para la fiabilidad, pudiendo relajar los requisitos en los restantes.

DEMOSTRAR LA FIABILIDAD

Tradicionalmente (por ejemplo, en componentes electrónicos), la fiabilidad se demostraba en un banco de ensayos empleando ensayos acelerados. Es preciso tener en cuenta que los tiempos de ensayo se disparan si se quiere tener un riesgo estadístico bajo.

ESTIMAR LA CANTIDAD DE REPUESTOS DE LA QUE SERÁ NECESARIO DISPONER

A partir del modelo de fiabilidad establecido en la fase de diseño, resulta muy útil realizar esta previsión.

MEDIR LA FIABILIDAD EN SERVICIO

Es una buena práctica analizar los datos del comportamiento en servicio (informes de reparación, servicio postventa, etc.) con objeto de identificar qué componentes son los que fallan por si es preciso realizar alguna mejora en el diseño, cambio de proveedor, etc. y verificar si se están alcanzando los valores de fiabilidad contractuales.

PRIORIZAR EQUIPOS

Se puede utilizar el concepto de Fiabilidad para priorizar los componentes de un sistema al objeto de tomar determinadas decisiones orientadas a la mejora de la eficiencia de su explotación, por ejemplo, a través de la mejora de su mantenimiento o disponibilidad.



CONCEPTOS RELACIONADOS CON LA FIABILIDAD

LA FAMILIA DE LOS “ABILITY”

La fiabilidad está íntimamente relacionada con la Mantenibilidad (Maintainability), la Disponibilidad (Availability) y la Seguridad (Safety). El conjunto de estos conceptos las normas UNE lo denominan Confiabilidad. Los términos originales en inglés son RAMS o Dependability. Es de resaltar que a día de hoy, las normas UNE relacionadas con la confiabilidad no contemplan el concepto de Seguridad.

4

TASA DE FALLO

La tasa de fallo es el número de componentes que se espera que fallen en periodo de tiempo (por ejemplo fallos /hora, etc.). En el caso que el tiempo considerado sea muy pequeño, se denomina “tasa instantánea de fallo”. En general la tasa de fallo no es constante.

MTBF/MTTF

Son las siglas de Mean Time Between Failures / Mean Time To Failure (tiempo medio entre fallos y tiempo medio hasta el fallo). El primero se emplea en el caso de que sea reparable y el segundo cuando no lo es (y consecuentemente cada equipo solo puede tener un fallo).

LA CURVA DE LA BAÑERA

Es frecuente que, a lo largo de la vida de un componente, equipo o sistema, la tasa de fallo de dicho componente se comporte como se indica en la figura siguiente. De esta manera, la vida queda dividida en tres periodos diferenciados:

- **Mortalidad infantil.** Los fallos en este periodo se denominan infantiles y principalmente pueden ser debidos a mecanismos de fallos relacionados con problemas puntuales de fabricación, transporte o montaje.
- **Vida útil.** En este periodo la tasa de fallo es sensiblemente constante. Los mecanismos de fallo predominantes en este período son debidos al azar (sobrecargas, etc.).
- **Desgaste.** La tasa de fallo es creciente y las averías y costes de mantenimiento se disparan. Los mecanismos de fallo predominantes en esta etapa son debidos a la aparición de fenómenos de degradación, desgaste o envejecimiento.

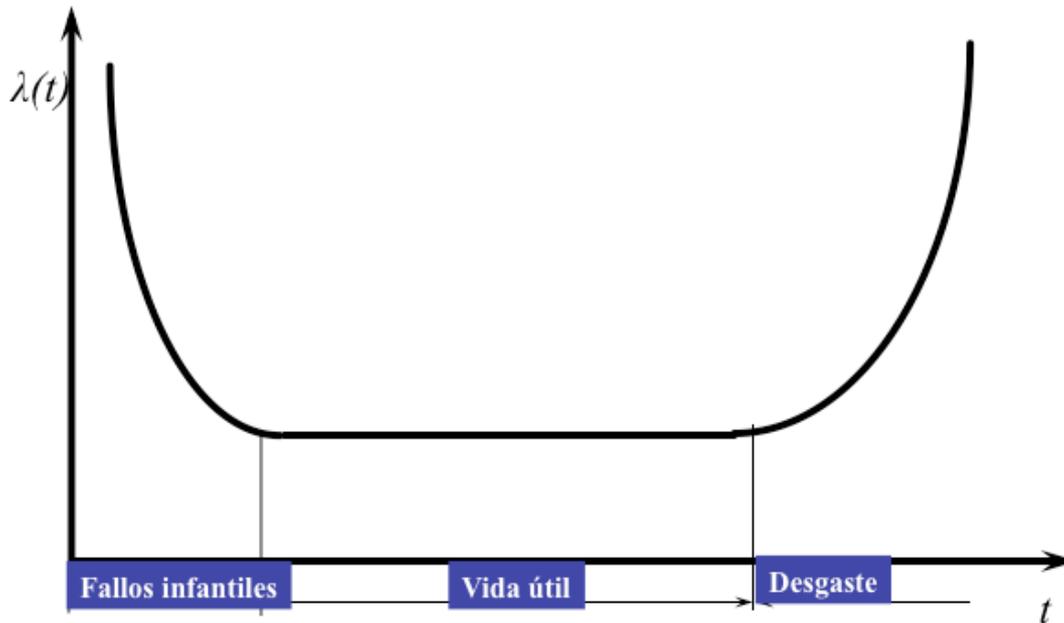


Figura 1: Curva de la bañera

LA FUNCIÓN DE FIABILIDAD

Es la función de probabilidad o de distribución de la variable aleatoria “tiempo hasta el fallo” de un dispositivo.

Las funciones de distribución más empleadas en ingeniería de fiabilidad son:

FUNCIÓN EXPONENCIAL

Se aplica cuando el equipo “no envejece” ni mejora y por lo tanto su **tasa de fallo** es constante. Es la función más simple bajo el punto de vista de complejidad matemática, lo que hace que en algunas ocasiones se aplique indebidamente. En esta distribución, el **MTBF/MTTF** es el inverso de la tasa de fallo. Obsérvese que únicamente el 37% de los equipos sobreviven más que el **MTBF/MTTF**. Es un error frecuente pensar que solo el 50% de los equipos habrán fallado en $t = \text{MTBF}$ cuando debe esperarse que sea el 63%.

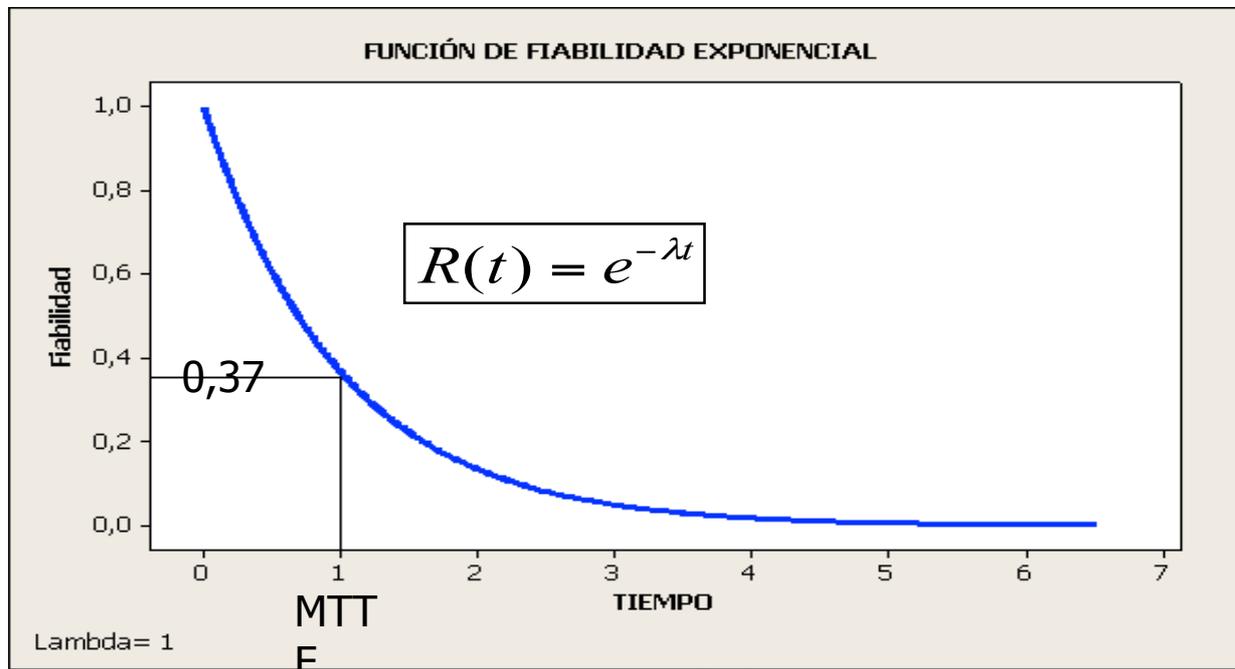
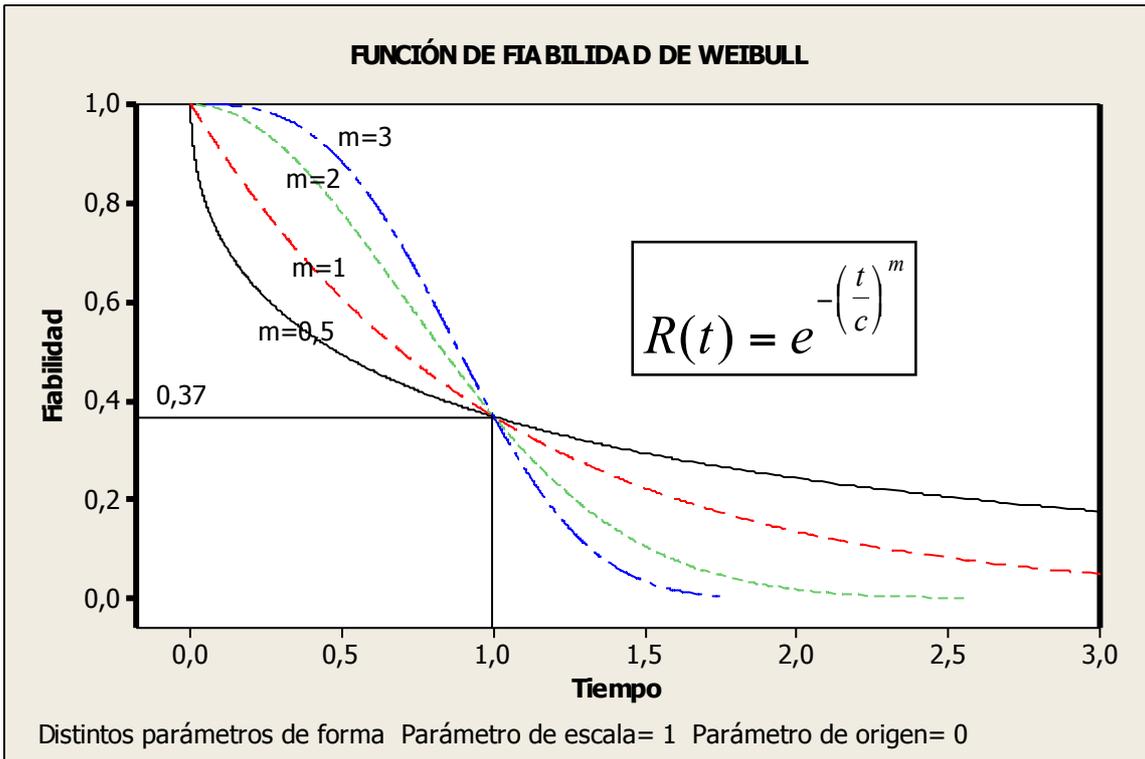


Figura 2: Función de fiabilidad exponencial

FUNCIÓN DE WEIBULL

Establecida por ingeniero sueco Ernst Hjalmar Waloddi Weibull que la empleó para describir los ciclos de fatiga del acero. Es muy versátil y en función de uno de sus parámetros la función de tasa de fallo es decreciente, constante o creciente.



7

Figura 3: Función de fiabilidad de Weibull

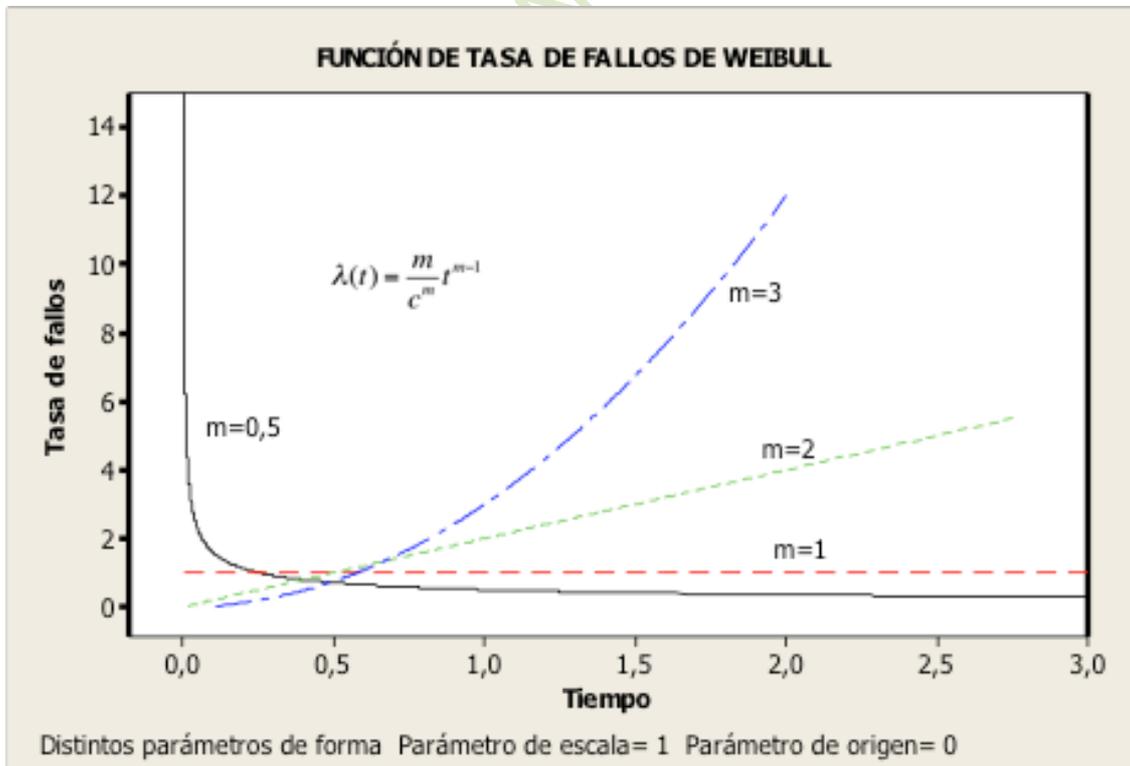


Figura 4: Función de tasa de fallo de Weibull