

La ingeniería de confiabilidad

El usuario actual se encuentra rodeado de multitud de dispositivos que pretenden hacerle la vida más fácil. Los utilizamos en nuestra vida diaria, lo que nos permite interaccionar con ellos y, por tanto, conseguir una mejor adaptación al medio, tanto natural, como laboral o social en el que estamos. Podemos plantearnos dos reflexiones que, a primera vista pueden parecer contradictorias. La primera es que **no fallan** normalmente; es decir, cumplen con las prestaciones consideradas en su diseño –en caso de apostar por la calidad del producto en respuesta a las exigencias de los conciudadanos– y como elemento diferencial que genera ventaja competitiva.

La otra se refiere al **impacto**, cada vez mayor, que provoca el fallo de los mismos, si ocurre, y que repercute en el propietario o entidad, en sus ingresos potenciales, en el incremento de costes operativos, por no hablar de pérdidas económicas si el fallo puede afectar a la sociedad en su conjunto (piénsese en un accidente ferroviario, químico, etcétera). En la medida que la sociedad a la que pertenece un individuo se cataloga como más “avanzada”, mayor es el número de dispositivos con los que interacciona y de los que, de alguna manera, se hace dependiente.

Como cualquier producto de origen humano, todos estos dispositivos son susceptibles de sufrir un fallo. Es decir, de que, ante unas determinadas circunstancias exógenas (solicitudes o esfuerzos internos) y endógenas (resistencia intrínseca), el dispositivo en cuestión deje de cumplir la función para la que estaba diseñado. La pérdida de tal función, en un determinado momento, puede acarrear unas pérdidas importantes, ya sean económicas, en vidas humanas o asociadas a un impacto medioambiental provocado.

Detrás de estas ideas, se encuentra el concepto de riesgo, que viene determinado cuantitativamente por el valor medio del “daño” derivado de la aparición de un potencial “suceso accidental” que se ha desencadenado por la activación de un determinado “peligro” y cuya percepción tiene un carácter subjetivo. Nos da más miedo, por lo general, la radiactividad (cosa que no vemos y que, quizás, no entendemos demasiado bien por aquello del “miedo a lo desconocido”) que un elefante (animal grande del que intentamos apartarnos si lo vemos venir) o aceptamos mejor los riesgos individuales (“yo conduzco fenomenal y no me pasa nada si voy a 180 km/h porque yo controlo”) que los riesgos colectivos

(un accidente de aviación sale en la primera plana de los periódicos).

Matemáticamente, el riesgo asociado a un determinado suceso o actividad puede expresarse como el producto de la probabilidad de que ocurra dicho suceso por el daño que de él pudiera derivarse.

$$\text{Riesgo} = \text{Probabilidad} \times \text{Daño}$$

Lo contrario del concepto de riesgo es el concepto de seguridad.

$$\text{Seguridad} = 1 / \text{Riesgo}$$

El riesgo no puede hacerse cero (ni la seguridad, infinito), ya que la probabilidad de ocurrencia de un determinado suceso factible no puede ser cero. Será pequeña, pero no cero.

Por consiguiente y ante el lanzamiento de un dispositivo o producto al mercado, el fabricante debería estimar (y el regulador controlar por delegación de la sociedad) el riesgo que conlleva la utilización de ese producto. De esta manera, productos con un nivel de riesgo por encima del nivel fijado por la sociedad como aceptable no deberían ser admitidos para su uso. Conviene tener en cuenta que limitaciones geográficas puede que no sean suficientes en algunos casos. Tal es la problemática asociada a la producción química, biológica o nuclear u otros procesos que, aunque su riesgo sea aceptable en un entorno geográfico y social determinado, la aparición de un accidente puede afectar a otros entornos próximos.

En este contexto, el fabricante responsable actúa sobre la probabilidad de ocurrencia de daños potenciales (variable aleatoria), adoptando mejoras durante las fases de diseño y fabricación del producto. Estas medidas preventivas persiguen reducir la probabilidad de ocurrencia de sucesos anómalos de los que se deriven daños (accidentes). Si consideramos sistemas o dispositivos “coherentes”, la aparición de un accidente y, por tanto, la provocación de una afección sobre su seguridad solo pueden ser causadas por fallos que conduzcan a un estado de avería de dichos sistemas o dispositivos. De aquí la importancia de la ingeniería de confiabilidad para lograr productos seguros y eficientes desde su perspectiva operativa.

La **ingeniería de confiabilidad** (*Dependability Engineering*) es un área de la ingeniería muy conocida y aplicada por todos aquellos países y empresas con gran capacidad de diseño de productos y enfoque innovador que persigue identificar fallos potenciales de los dispositivos y sistemas para

adoptar las medidas oportunas en las fases tempranas del ciclo de vida de producto (diseño y fabricación) que faciliten una explotación (fase de operación y mantenimiento) con una eficiencia máxima. Según la norma UNE EN 60300-2:2004, la palabra “confiabilidad” es un término utilizado para describir la disponibilidad de un producto o dispositivo y los factores que la condicionan, a saber: fiabilidad, mantenibilidad y logística de mantenimiento.

El concepto de **fiabilidad**, entendido como aptitud de un dispositivo, representa su capacidad para cumplir la función planteadas en su diseño en unas condiciones dadas y durante un intervalo de tiempo dado.

El concepto de **mantenibilidad**, entendido también como aptitud, representa la capacidad de un dispositivo para ser restaurado a un estado en el que pueda realizar su función requerida, ya sea antes de que su fallo ocurra (mantenimiento preventivo) o después de que dicho fallo haya acontecido (mantenimiento correctivo), siempre que dicho mantenimiento se realice en unas condiciones dadas y utilizando unos procedimientos y recursos previamente establecidos.

La **logística de mantenimiento** es un concepto que tiene que ver con la capacidad de una organización para proporcionar, bajo demanda y en unas condiciones dadas, los recursos necesarios para mantener un dispositivo, de acuerdo con una política de mantenimiento determinada. La disponibilidad de un dispositivo representa su capacidad para encontrarse en un estado capaz de desarrollar su función requerida bajo unas condiciones determinadas en un instante dado.

La aparición de fallos y averías constituye una de las principales causas de ineficiencia en la explotación de los equipos y las instalaciones. Estos sucesos suelen traer consigo la indisponibilidad de los dispositivos y, por tanto, la no generación de ingresos o valor para el usuario de los mismos, además de provocar un incremento de los costes de explotación, ya sea porque hay que reparar los dispositivos averiados o porque, en el peor de los casos, hay que hacer frente al pago de importantes indemnizaciones por los daños que han podido derivarse de un indeseado accidente originado por tales fallos.

La norma ISO 9000 define eficiencia como “la relación entre los resultados obtenidos y los medios utilizados”. Desde la perspectiva de la gestión de activos físicos,



Figura 1. Eficacia de la explotación de un dispositivo.

el concepto de eficiencia de la explotación de un dispositivo en un determinado periodo operativo se representa como el cociente entre el nivel de eficacia logrado en dicho periodo y los costes incurridos para ello (figura 1). Cuando un consumidor adquiere un determinado dispositivo, le demandará su adecuado funcionamiento de manera ininterrumpida o de forma discontinua, según el caso. Asimismo, además de su disponibilidad para desarrollar la función prevista, le requerirá seguridad. Es decir, que opere sin provocar daños (ni al usuario ni a su entorno).

En este marco, la fiabilidad de los dispositivos se configura como la característica operativa fundamental. Si un dispositivo fuera totalmente fiable, siempre estaría disponible y, a la vez, sería totalmente seguro, ya que solo la avería del dispositivo podría ocasionar un daño. Pero no existen equipos total y absolutamente fiables. Durante la vida operativa de los equipos, aparecen fallos y averías por causas aleatorias, y es necesario reparar los equipos averiados y, por tanto, aplicarles mantenimiento correctivo. Asimismo, pueden aparecer procesos de degradación o desgaste que incrementan la tasa de fallo de los equipos y reducen su fiabilidad. Para intentar paliar el impacto negativo de estos procesos, se aplican tareas de mantenimiento preventivo cuyo efecto puede visualizarse como la eliminación de un determinado "grado de desgaste o quemado", devolviendo al dispositivo un cierto periodo de vida útil.

Tanto la aplicación de tareas de mantenimiento correctivo como las de mantenimiento preventivo que requieren la indisponibilidad de los dispositivos para su ejecución afectan a su disponibilidad. Lo mismo ocurre en relación con la seguridad, si se tiene en cuenta la correlación existente entre el daño causado y la duración del periodo de tiempo en el que el foco fuente del agente dañino permanece activo o se considera el incremento del riesgo que se produce, por ejem-

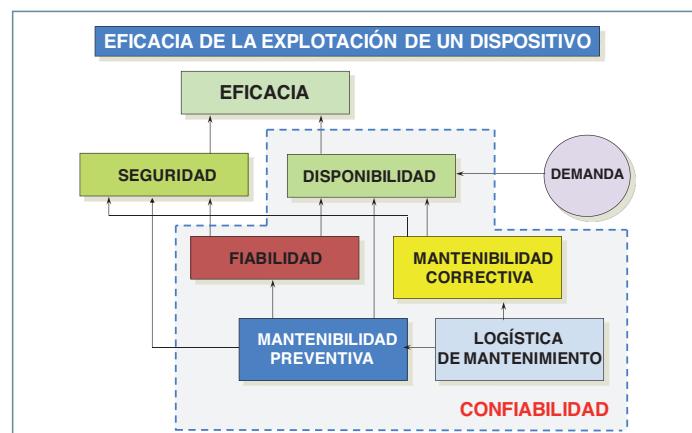


Figura 2. Confiabilidad de un dispositivo.

pto, cuando se dejan indisponibles temporalmente por mantenimiento programado determinados sistemas de seguridad. Por consiguiente, la eficacia de la explotación de un determinado dispositivo, en un periodo de explotación dado, vendrá determinada por los niveles de fiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad y seguridad logrados en el periodo de tiempo en cuestión (figura 2).

La ingeniería de confiabilidad es la rama de la ingeniería que se ocupa de la identificación de los fallos potenciales que pueden aparecer en un determinado dispositivo, su análisis para la determinación de sus causas e impactos, así como la estimación de sus probabilidades de ocurrencia. El ingeniero de confiabilidad participa en la definición de criterios relativos a la fiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad y seguridad de los dispositivos para su adecuado diseño, así como en la adopción de las medidas más adecuadas para maximizar su eficiencia de explotación. Aunque la ingeniería de confiabilidad encuentra su máxima aplicación en la fase de diseño, las otras fases del ciclo de vida también están bajo su alcance.

El ingeniero de confiabilidad tiene ante sí un gran reto y debe contar con los conocimientos necesarios para hacer frente a este desafío. Al conocimiento de la funcionalidad del sistema o dispositivo en cuestión y de una demostrable soltura en el manejo de los conceptos anteriormente expuestos, debe añadir capacidades y conocimientos que le permitan identificar los fallos más probables y significativos que puedan ocurrir, evaluar su probabilidad de aparición e impacto potencial para determinar su criticidad, establecer los pertinentes esquemas de priorización, efectuar los análisis de causa-raíz necesarios y formular las recomendaciones preventivas apropiadas, entre otras muchas actividades propias de su función.

Desafortunadamente, no hay muchos centros universitarios o profesionales que im-

partan la temática de la ingeniería de fiabilidad y mantenimiento con detalle y calidad suficientes, que visualicen estas actividades como generadoras de beneficio y no como actividades de coste a las que solo conviene minimizar, que planteen esquemas de tratamiento de las mismas bajo un **enfoque de gestión global** de los activos orientado a obtener la máxima eficiencia de su explotación en lugar de dar recetas de bajo nivel operativo. En otras palabras, que aporten conocimientos científico-técnicos útiles para complementar la gran intuición de la que hacen gala y uso muchos responsables de explotación. De esta forma, podría ser posible crear una ventaja competitiva para nuestros productos frente a los provenientes de otras economías que tienen asociado un precio de adquisición mucho más atractivo, pero cuya utilización acarrea terribles dudas en cuanto al cumplimiento del plan de negocio establecido y al volumen de los futuros costes de explotación que pudieran realmente producirse en el medio y largo plazo.

Lograr todos estos conocimientos y capacidades en un individuo no es una cuestión fácil, ni que se pueda improvisar de la noche a la mañana. Es el resultado de bastantes años de trabajo y estudio continuados, tarea equivalente a la importancia de lo que se tiene entre manos: la gestión de las vulnerabilidades y del riesgo que debe sufrir la sociedad por el uso de un determinado dispositivo o producto.

Iniciativas como el Máster MICR0 de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria y las actividades que desarrollan el Grupo de Trabajo 56 "Confiabilidad" de Aenor y el Comité de Confiabilidad de la Asociación Española de la Calidad se encuentran entre las más destacables de nuestro país.

Paco Flores / F. F. G.

Comité de Confiabilidad. Colegio de Ingenieros Técnicos Industriales de Lleida.