

Cálculo simplificado de la confiabilidad de un equipo o ser humano usando una distribución exponencial de falla

(Notas tomadas del libro Integridad Tecnológica, H.E. Ecay. 2009, – HEE Consultores)

Primeramente, empezaremos con el cálculo de la confiabilidad de un equipo industrial simple como puede ser la alarma de alto nivel de un tanque industrial con producto inflamable. Consideremos el ejemplo simple donde tenemos un total de 28 equipos idénticos funcionando en el mismo contexto operativo y ambiental. Los mismos en el último año han experimentado un total de cinco fallas. Por lo tanto nuestra tasa de falla arrojará un resultado de 1.79×10^{-01} fallas/año. Ahora aplicando las formulas E-1,2 y 3

$$(E-1) P(n) \text{ aprox. } F(t) = (\lambda \cdot t)^n \cdot e^{(-\lambda \cdot t)} / n! ;$$

$$(E-2) - \sum_{n=0/\infty} P(n) = (e^{(-\lambda \cdot t)}) + (\lambda \cdot t \cdot e^{(-\lambda \cdot t)}) + \dots = 1,$$

$$(E-3) - R(t) = e^{(-\lambda \cdot t)}, F(t) = 1 - e^{(-\lambda \cdot t)}$$

y para este caso en particular haciendo uso de (E-3) que según se explicó es la probabilidad de cero falla de un equipo en un tiempo determinado y bajo un escenario predefinido, calcularemos la confiabilidad de estos equipos como $R(t) = e^{(-\lambda \cdot t)}$, donde λ será el calculado y el período de la misión que se le asigna es de, por ejemplo, seis meses (medio año). Para estos valores obtenemos $R(t) = 91 \%$.

El tema de interés ahora es entender que significa este número. Para explicar su significado el autor hará uso de un ejemplo muy simple. Imaginemos una caja con cien pelotitas donde 9 son rojas y las restantes 91 son blancas, ahora pensemos en una persona que sin mirar su contenido y que una vez por tiempo retirará en forma aleatoria una pelotita. La probabilidad que la persona saque una pelotita blanca es la equivalente a la probabilidad de cero fallas de nuestro equipo y la probabilidad que saque una roja es la inconfiabilidad o probabilidad de una o mas fallas en el mismo período.

Otro ejemplo sería el de una bomba centrífuga que tiene una tasa de falla $\lambda = 1.10^{-1}$ por año.

1) ¿Cuál es la probabilidad que no tenga ninguna falla en el plazo de siete años?

2) ¿Cual es la probabilidad de que tenga una sola falla en el mismo período?

$$P(n) = (\lambda \cdot t)^n \cdot e^{(-\lambda \cdot t)} / n!$$

$$P(0) = e^{(-\lambda \cdot t)} = R = 30 \%$$

$$P(1) = e^{(-\lambda \cdot t)} + \lambda \cdot t \cdot e^{(-\lambda \cdot t)} = 0.3 + 0.1 \times 7 \times 0.3 = 51 \%$$

Pensando ahora en seres humanos, Sundararajan, en su libro "Reliability Engineering" (3) nos comenta que el cálculo de la probabilidad de falla es estimado por medio de tres diferentes medios: experiencia operativa real, testeo en simuladores y opinión experta. Lo más importante de este cálculo o estimación es definir precisamente el escenario bajo el cual se han de calcular las tasas de fallas. Estos escenarios deben describir la tarea que se realiza, si es efectuada normalmente o bajo demanda, el perfil conductual de experiencia y formación de nuestros actores principales, las condiciones del entorno en cuanto a distractores, la tecnología del entorno, los estilos de gestión, los problemas estructurales, los cambios, etcétera. También debe definirse la habitualidad en la tarea realizada, es decir si la misma es realizada normal o excepcionalmente. Otros elementos importantes a definir son el ritmo de trabajo, dado que hay que ponderar si el mismo es normal para los trabajadores, las consecuencias del error o problema conductual, es decir, qué tipo de consecuencias está definiendo en probabilidad o frecuencia esa tasa de falla, y los escudos protectores presentes desde los sistemas de gestión o sistemas a prueba de errores humanos si los hubiera. Por ejemplo, dentro de estos escenarios debería figurar si se trabajó con permisos de trabajo, si hay cambios, si se utiliza un sistema de gestión de cambios, el tipo de supervisión en cuanto a si es permanente o esporádico y si demandan o no colaboran con la confiabilidad de la tarea en cuestión. Otro aspecto a mencionar en nuestro escenario de cálculo de la tasa de falla es si la tecnología utilizada tiene elementos no perdonadores del error humano o produce amenazas sobre la confiabilidad humana que puedan afectar el escenario estudiado.

Todo lo dicho constituye los elementos primordiales de un escenario de cálculo de tasas de fallas humanas. En forma complementaria se deberá definir, solo de considerarse su efecto significativo, todos los demás elementos descriptos en este libro que pudieran influir en el cálculo.

Hay que tener presente que estos valores solo sirven para estas situaciones específicas o parecidas ajustando las órdenes de magnitud en función del número de barreras preventivas perdidas.

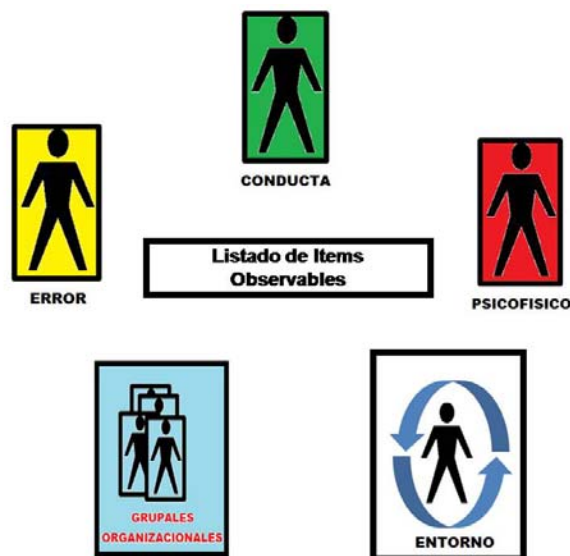


Figura: Principales modos de fallas humanos

A continuación se suministran dos ejemplos de cómo calcular la tasa de falla de seres humanos en ámbitos de trabajo.

Tiempo medio hasta la falla o error:

$$\lambda = \text{fallas} / \text{número de años} \times \text{personas involucradas}$$

Ejemplo 1) 1 operario tuvo 20 fallas de omisión en línea de producción durante el último año.

$$\lambda = 20/1 \times 1 = 20 \text{ fallas} / \text{año}$$

Así se calcula la confiabilidad cuantitativa de un operador en dos situaciones contempladas por los estándares antes mencionados – bajo operación normal y bajo demanda.

Confiabilidad humana en 1 año con una demanda por año:

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

Caso 1) $\lambda = 1 \times 10^{-4}$ operar equipo desde campo. R = 99 %

Caso 2) $\lambda = 1 \times 10^{-1}$ operar equipo bajo demanda. R = 90 %

Caso 3) $\lambda = 0.7$ operar equipo bajo demanda - alto estrés. R = 49 %

Ejemplo 2), 7 operarios tuvieron 4 fallas de control de calidad en el sector del taller en los últimos 10 años

$$\lambda = 4 / (10 \times 7) \text{ fallas} / \text{año} = 0.06 \text{ fallas} / \text{año}$$