

Procesos de Fabricación

Lectura 10

Gestión de riesgos

Profesor:

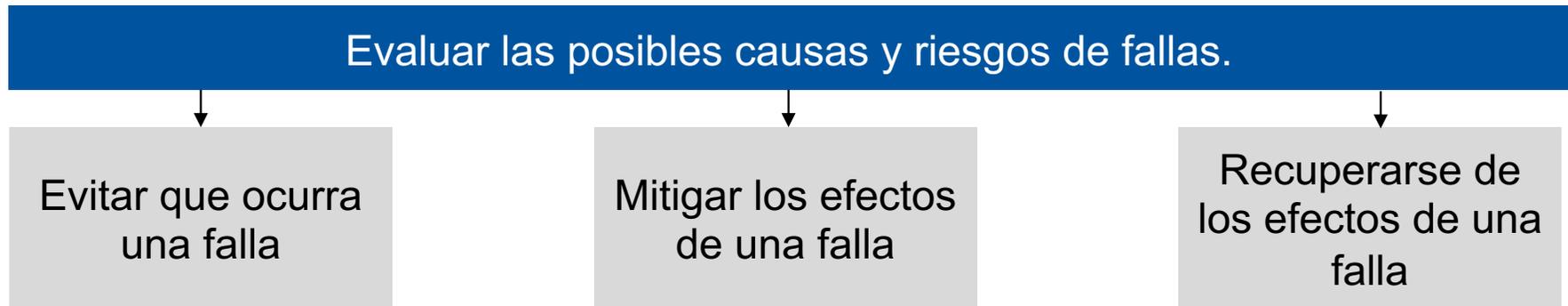
Ricardo Caballero, M.Sc.

✉ ricardo.caballero@utp.ac.pa



Gestión de riesgos

Consiste en identificar las cosas que podrían salir mal, detenerlas, reducir las consecuencias cuando las cosas van mal y recuperarse después de que las cosas salieron mal.

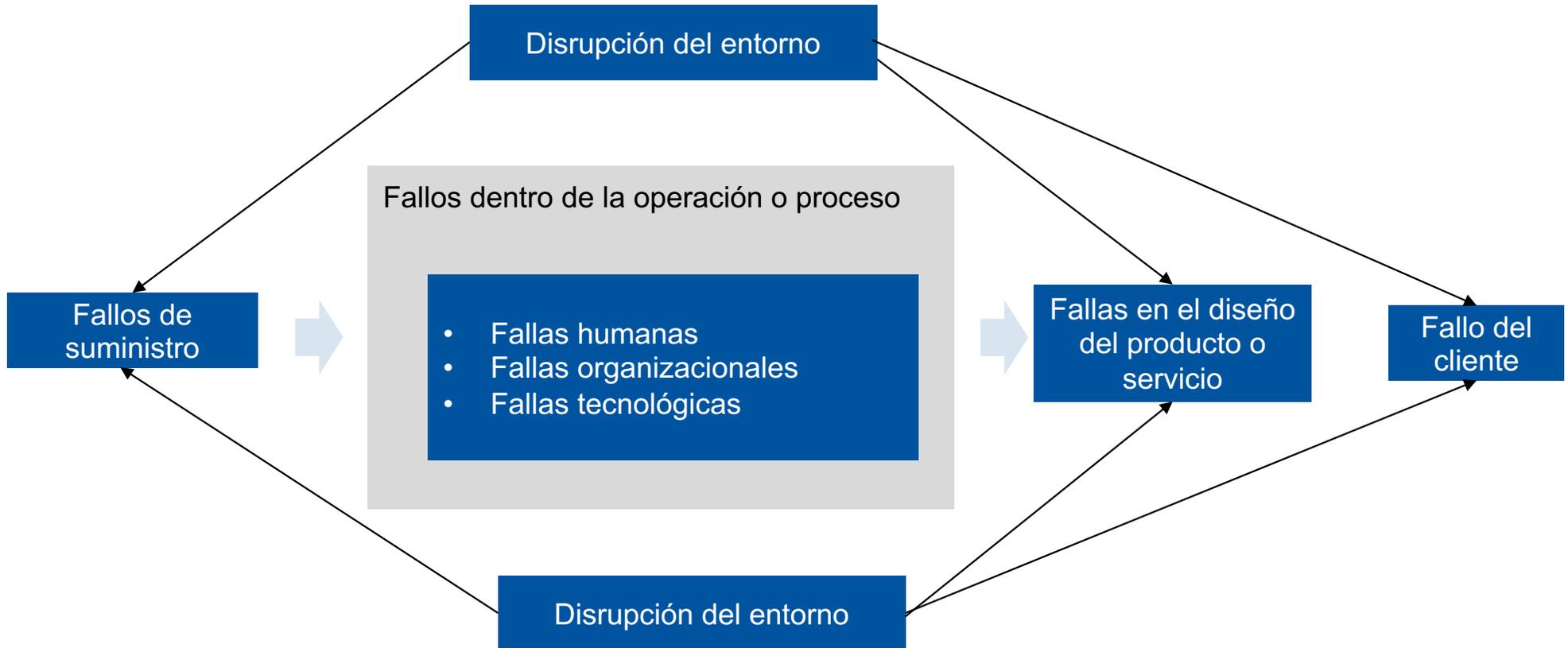


La falla siempre ocurrirá en las operaciones; reconocer esto no implica aceptarlo o ignorarlo.

La resiliencia se rige por la eficacia de la prevención, mitigación y recuperación de fallas.

Gestión de riesgos: Identificar posibles causas de fallo

La primera etapa de la gestión de riesgos consiste en evaluar dónde puede ocurrir la falla y cuáles podrían ser las consecuencias de la falla



Gestión de riesgos: Fuentes de fallas

Falla de suministro

Es cualquier falla en el tiempo o la calidad de los bienes y servicios entregados en una operación.

Fallas humanas

Las fallas humanas pueden darse cuando personal clave no puede cumplir con su función (se enferma, fallece, etc) y cuando el personal hace su trabajo pero comete errores. Pueden darse errores de juicio e infracciones

Fallas organizacionales

Significa fallos de procedimientos y procesos y/o fallas que se derivan de la estructura y cultura organizacional de la empresa

Fallas tecnológicas e instalaciones

Se refiere a fallas de maquinaria, equipo, infraestructura y sistemas IT que paralizan gran parte de la operación

Fallas en el diseño de productos / servicios

Fallas presentadas en los productos físicos o en los servicios. En el proceso de desarrollo puede verse bien en el papel pero en circunstancias reales existen deficiencias evidentes.

Fallos del cliente

Clientes hacen mal uso de los productos o servicios. Las organizaciones tienen responsabilidad de educar y capacitar a los clientes.

Mantenimiento y confiabilidad

Mantenimiento

Comprende todas las actividades involucradas en la conservación en buen estado del equipo de un sistema.

Confiabilidad

Probabilidad de que un producto, o las partes de una máquina, funcionen adecuadamente durante un tiempo especificado y en las condiciones establecidas.

Participación del empleado

- Compartir información
- Capacitación en habilidades
- Sistema de recompensas
- Delegación de autoridad

Procedimientos de mantenimiento y confiabilidad

- Limpiar y lubricar
- Monitorear y ajustar
- Hacer reparaciones menores
- Mantener registros computarizados

Resultados

- Inventario reducido
- Calidad mejorada
- Capacidad mejorada
- Reputación de calidad
- Mejora continua
- Variabilidad reducida



Confiabilidad

- Probabilidad de que un producto, o las partes de una máquina, funcionen adecuadamente durante un tiempo especificado y en las condiciones establecidas

Arreglo en serie → cada componente debe tener éxito para que el sistema tenga éxito

$$R_s = R_1 \times R_2 \times R_3 \dots \times R_n$$

donde

R_1 = confiabilidad del componente 1

R_2 = confiabilidad del componente 2

R_n = confiabilidad del componente n

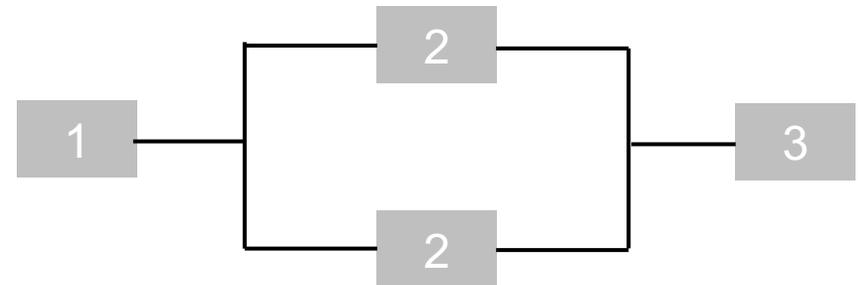


Provisión de redundancia

- Uso de componentes en paralelo para elevar la confiabilidad.
- La redundancia se proporciona para asegurar que si un componente falla, el sistema pueda recurrir a otro componente

Arreglo en paralelo → el sistema tiene éxito si cualquiera de sus componentes tienen éxito

$$R_i = 1 - (1 - R_1)(1 - R_2) \dots (1 - R_n)$$



Ejemplo 1: Confiabilidad

El Banco Nacional procesa las solicitudes de préstamo mediante tres empleados colocados en serie. El primer empleado tiene un 10% de probabilidad que falle, el segundo un 20% y el tercero 1%.

¿Cuánto sería la confiabilidad del proceso?

Solicitud de préstamo



Empleado A



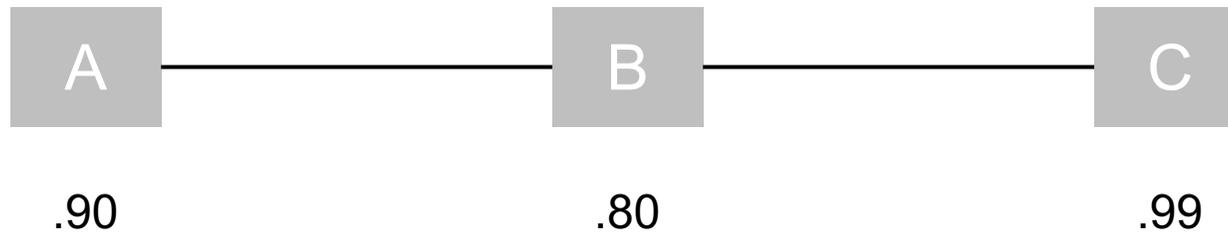
Empleado B



Empleado C

Ejemplo 1: Confiabilidad

Cálculo de la confiabilidad del proceso



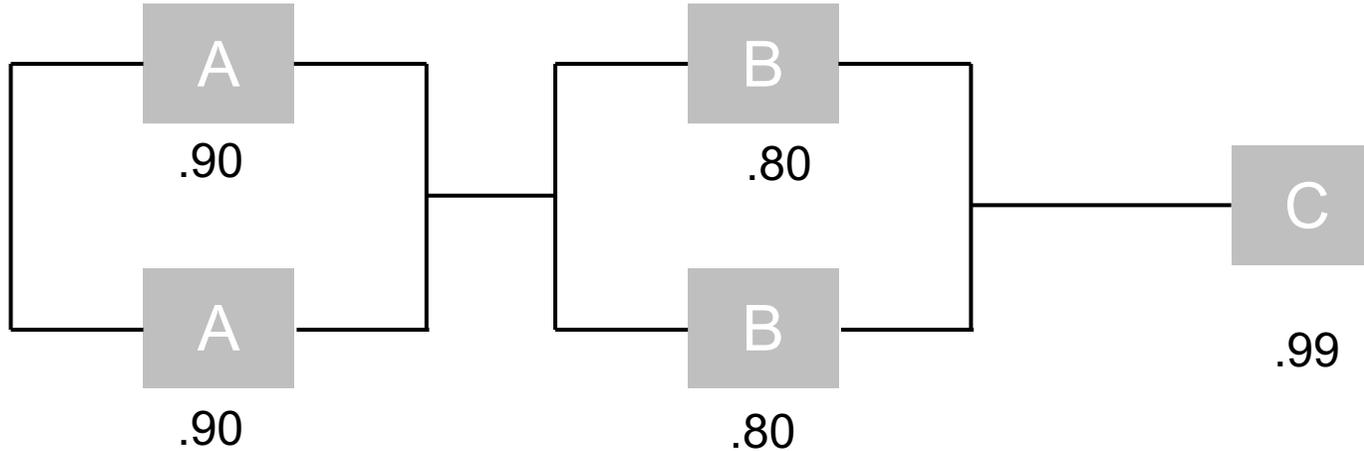
$$R_s = (0.90)(0.80)(0.99)$$

$$R_s = 71.3\%$$

Ejemplo 1: Confiabilidad

Ahora, Banco Nacional está preocupado porque su procesamiento de solicitudes de préstamo tiene una confiabilidad de solo el 71.3% y desea mejorar esta situación. Para ello decide proporcionar redundancia para los dos empleados menos confiables

Ejemplo 1: Confiabilidad



Primero se calcula la confiabilidad del sistema en paralelo

$$R_a = 1 - (1 - 0.90)(1 - 0.90)$$

$$R_a = 1 - 0.01$$

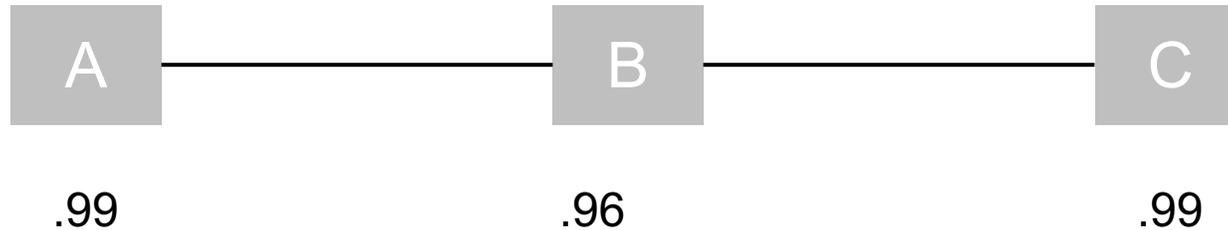
$$R_a = 99\%$$

$$R_b = 1 - (1 - 0.80)(1 - 0.80)$$

$$R_b = 1 - 0.04$$

$$R_b = 96\%$$

Ejemplo 1: Confiabilidad



Luego se calcula la confiabilidad del sistema en serie

$$R_s = (0.99)(0.96)(0.99)$$

$$R_s = 94\%$$

La confiabilidad del procesos de solicitud de proestamos aumenta de un 71.3% a un 94%

Tiempo entre fallas

Las estimaciones de fallas basadas en el desempeño histórico se pueden medir de las siguientes maneras:

Tasa de fallas: con qué frecuencia ocurre una falla

$$TF(\%) = \frac{\text{Número de fallas}}{\text{Número de unidades probadas}}$$

Número de fallas por hora de operación

$$TF(N) = \frac{\text{Número de fallas}}{\text{Tiempo de operación}}$$

Tiempo medio entre fallas

$$TMEF = \frac{1}{TF(N)}$$

Disponibilidad: cantidad de tiempo operativo útil disponible

TMR
= tiempo medio de reparación, tiempo promedio para reparar la operación desde que falla hasta que funcione otra vez

$$\text{Disponibilidad} = \frac{TMEF}{TMEF + TMR}$$

Ejemplo 2: Tiempo medio entre fallas

Veinte sistemas de aire acondicionado diseñados para uso de los astronautas en los transbordadores espaciales de la NASA fueron operados durante 1,000 horas en el laboratorio de pruebas. Dos de los sistemas fallaron durante la prueba uno después de 200 horas y el otro después de 600 horas.

Determine

- a. Porcentaje de fallas,
- b. Número de fallas por hora,
- c. Tiempo entre fallas
- d. Tasa de fallas si un viaje típico de un transbordador dura 6 días

Ejemplo 2: Tiempo medio entre fallas

Porcentaje de fallas

$$TF(\%) = \frac{\text{Número de fallas}}{\text{Número de unidades probadas}}$$

$$TF(\%) = \frac{2}{20}$$

$$TF(\%) = 10\%$$

Durante el experimento se presentó un 20% de fallas

Ejemplo 2: Tiempo medio entre fallas

Número de fallas por hora de operación

$$TF(N) = \frac{\text{Número de fallas}}{\text{Tiempo de operación}}$$

Donde:

$$\text{Tiempo total} = (1,000 \text{ horas})(20 \text{ unidades})$$

$$\text{Tiempo total} = 20,000 \text{ unidades por hora}$$

$$\text{Tiempo sin operar} = 800 \text{ horas para la primera falla} + 400 \text{ horas para la segunda falla}$$

$$\text{Tiempo sin operar} = 1,200 \text{ unidades por hora}$$

$$\text{Tiempo de operación} = \text{tiempo total} - \text{tiempo sin operar}$$

$$TF(N) = \frac{2}{20,000 - 1,200} = \frac{2}{18,800} = 0.000106 \text{ fallas por unidad hora}$$

Ejemplo 2: Tiempo medio entre fallas

Tiempo medio entre fallas

$$TMEF = \frac{1}{TF(N)}$$

$$TMEF = \frac{1}{0.000106}$$

$$TMEF = 9,434 \text{ horas}$$

Tasa de fallas

$$Tasa \text{ de fallas} = (fallas \text{ por unidad} - hora)(24 \text{ horas por día})(6 \text{ días por viaje})$$

$$Tasa \text{ de fallas} = (0.000106)(24)(6)$$

$$Tasa \text{ de fallas} = 0.0153 \text{ fallas por viaje}$$

Ejemplo 3: Costos por fallo y mantenimiento

El departamento de bomberos tiene cierta cantidad de fallas con sus máscaras de oxígeno y está evaluando la posibilidad de subcontratar el mantenimiento preventivo al fabricante. Debido al riesgo asociado con una falla, el costo de cada máscara se estima en \$2,000. La política de mantenimiento actual (en la cual los empleados de la estación realizan el mantenimiento) ha generado el siguiente historial:

Número de fallas	0	1	2	3	4	5
Número de años en que ocurren las fallas	4	3	1	5	5	0

Este fabricante garantizará las reparaciones de todas las fallas como parte de un contrato de servicio. El costo de este servicio es de \$5,000 por año

- ¿Cuál es el número esperado de fallas por año cuando los empleados de la estación realizan el mantenimiento?
- ¿Cuál es el costo de la política de mantenimiento actual?
- ¿Cuál es la política más económica?

Ejemplo 3: Costos por fallo y mantenimiento

$$\text{Total de fallos} = 4 \times 0 + 3 \times 1 + 1 \times 2 + 5 \times 3 + 5 \times 4 + 0 \times 5 = 40$$

$$TF(N) = \frac{\text{Número de fallas}}{\text{Tiempo de operación}} = \frac{40}{18} = 2.222 \text{ fallos por año}$$

Costo de la política actual = \$2,000 por fallo \times 2.222 fallos por año

Costo de la política actual = \$4,444 por año

*La mejor política es seguir dando el mantenimiento en el departamento,
no se debe tomar la oferta del subcontratista*

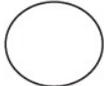
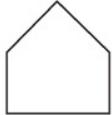
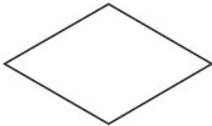
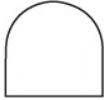
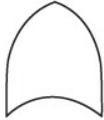
Análisis de Árbol de Fallas (FTA)

Consiste en un proceso deductivo probabilístico que utiliza un modelo gráfico de combinaciones de eventos en paralelo y secuenciales, o fallas, que llevan al evento no deseado general.

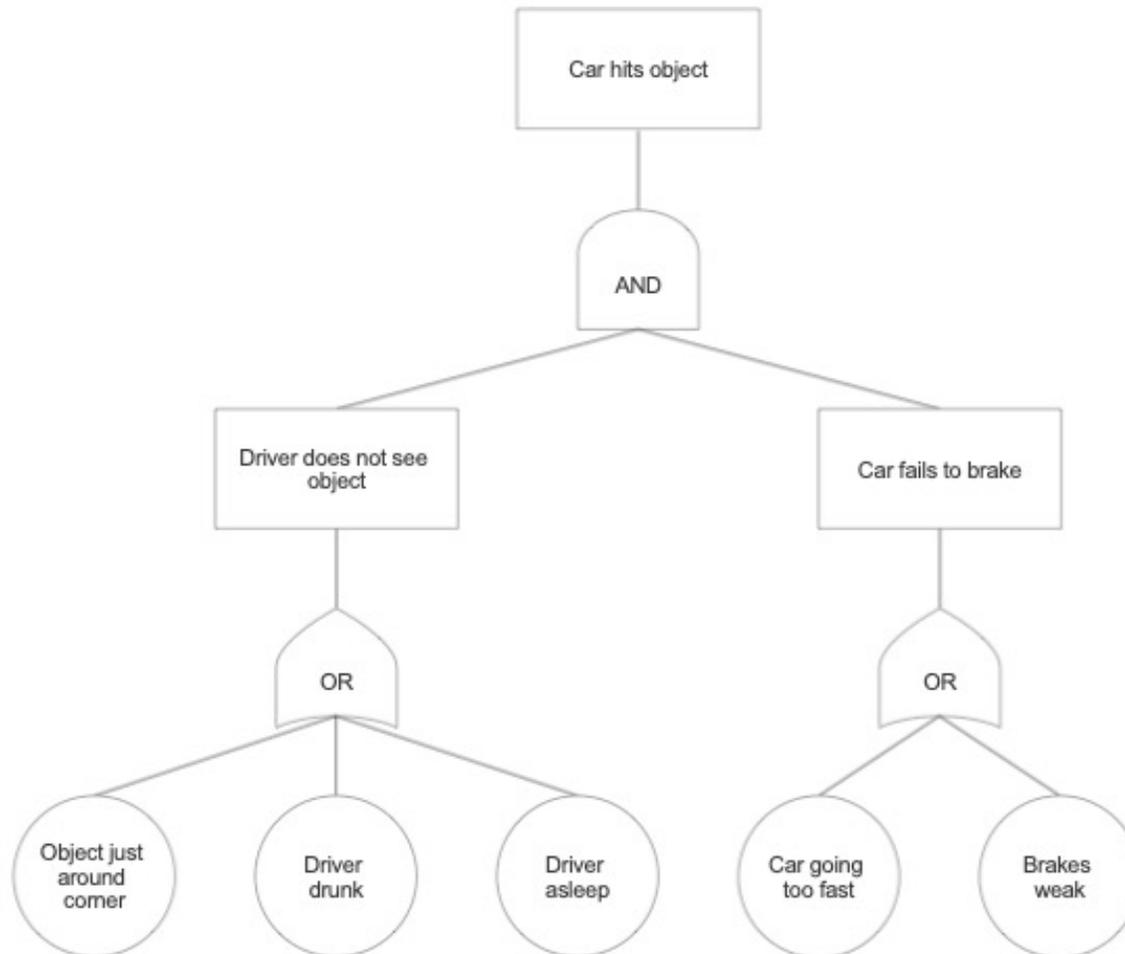
Pasos

1. Definir la falla principal que se analizará.
2. Identificar los contribuyentes de primer nivel que están justo por debajo del nivel superior
3. Vincular estos contribuyentes al evento de nivel superior mediante el uso de puertas lógicas (puertas AND, OR)
4. Identificar los contribuyentes de segundo nivel
5. Repita los mismos pasos hasta las causas básicas.
6. Calcule la probabilidad de ocurrencia

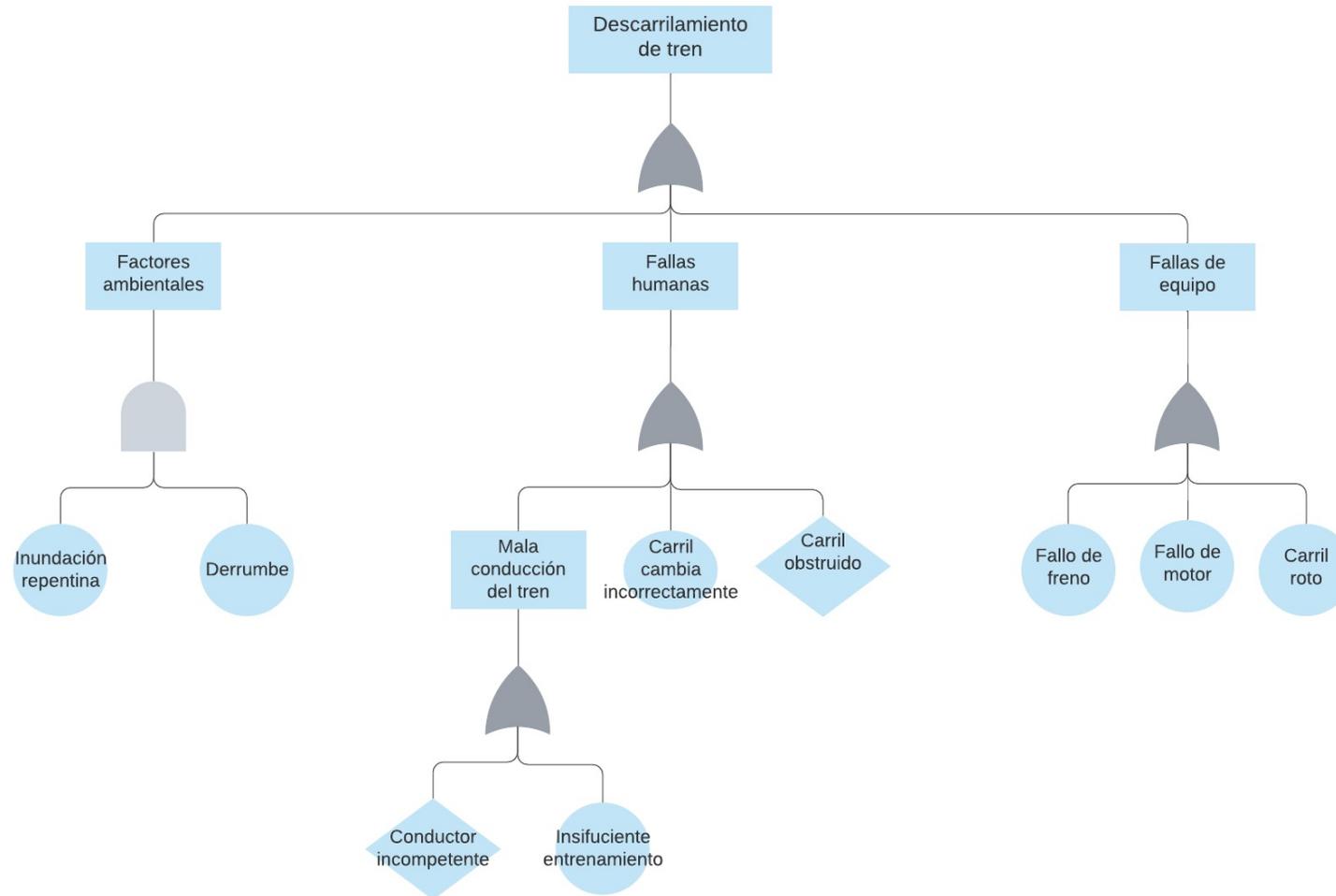
Notación

	Evento de una falla que necesita evaluarse más a fondo
	Evento básico a nivel fundamental que no necesita ningún desarrollo
	Evento normal que se espera que suceda
	Evento sin desarrollarse que no tiene consecuencia alguna o no cuenta con información suficiente para desarrollarse más a fondo
	Compuerta AND que necesita que estén activadas todas las entradas para que se active la salida
	Compuerta OR que necesita que cualquier entrada esté activada para que se active la salida

Ejemplo 4: Análisis de Árbol de Fallas (FTA)



Ejemplo 5: Análisis de Árbol de Fallas (FTA)



Análisis modal de fallos y efectos (AMFE)

Un AMFE puede describirse como un grupo sistematizado de actividades destinadas a:

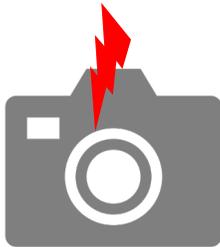
- reconocer y evaluar la falla potencial de un producto / proceso y sus efectos,
- identificar acciones que podrían eliminar o reducir la posibilidad de que ocurra la falla potencial, y
- documentar el proceso. Es complementario al proceso de definir qué debe hacer un diseño o proceso para satisfacer al cliente.



Análisis modal de fallos y efectos (AMFE)

AMFE - DISEÑO

- Se lleva a cabo durante la creación de la hoja de especificaciones
- Descubrir y evaluar los posibles errores
- Sugerir medidas correctivas
- Garantiza que el diseño sea lo más impecable



AMFE - PROCESO

- Enfoque desde el punto de vista de la fabricación
- Detecta y evalúa los errores en los procesos de producción
- Sugerir medidas correctivas



Análisis modal de fallos y efectos (AMFE)

Preparación

- Elegir proceso / producto a estudiar
- Formar equipos de trabajo
- Especificar fechas

Definir la estructura y elementos del sistema

- ¿Qué debería incluirse en el análisis?
- ¿Cuál es la relación entre el objeto y el entorno?
- ¿Definición clara de enfoque y fronteras de investigación?

Análisis funcional del sistema

- Descripción de funciones
- Identificar modos posibles de fallas
- Identificar sus potenciales efectos y causas

Evaluación de las fallas

- Determinar grado de severidad
- Frecuencia de ocurrencia
- Calcular índice de prioridad de riesgo

Definir medidas correctivas y preventivas

- Emplear medidas preventivas y de detección para reducir el riesgo
- Se prefieren medidas preventivas

Seguimiento y control

Secuencia del proceso para realizar un AMFE resumido

ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE LAS FALLAS (PROCESO)

AMEF número _____ A _____

Página _____ de _____

Preparado por _____ H _____

Fecha AMEF (Original) _____ F _____

Artículo _____ B _____

Responsable del proceso _____ C _____

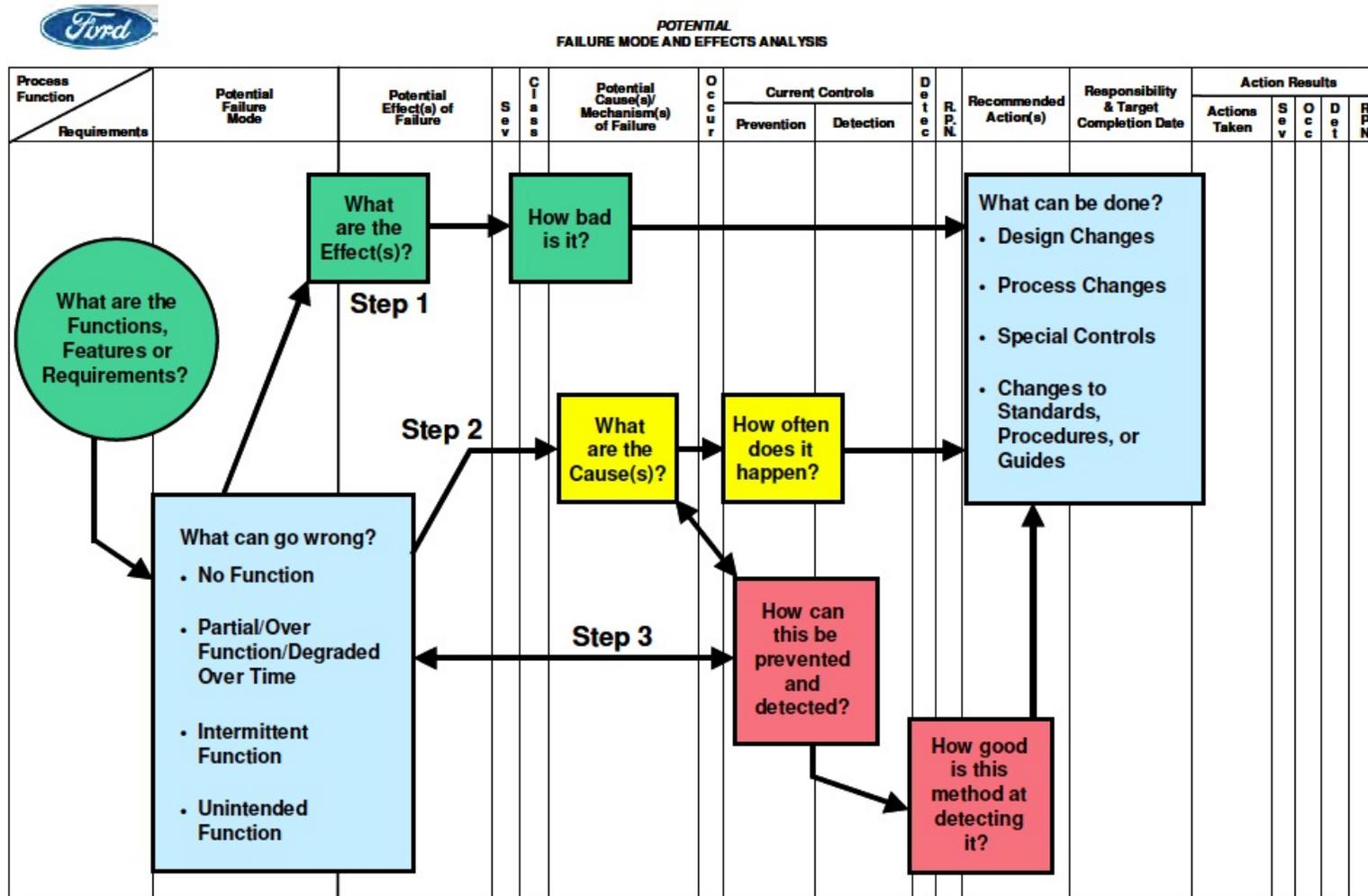
Modelo/Año(s)/ Progamas _____ D _____

Fecha clave _____ E _____

Equipo principal _____ G _____

Etapa/función del proceso/ requerimientos	Modo potencial de falla	Efecto(s) potenciales de la falla	Severidad	Clasificación	Causa(s) potenciales de la falla	Proceso actual				Acciones recomendadas	Responsabilidad y fecha compromiso	Resultados de acciones														
						Controles preventivos	Ocurrencia	Controles de detección	Detección			NPR	Acciones tomadas y fecha de finalización	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR									

Secuencia del proceso para realizar un AMFE basado en el manual de Ford



¿Cómo llenar el AMFE?: Encabezado

AMEF número (A)

Aquí se deberá anotar el código o número de registro que se utiliza para identificar el documento del AMFE. Este código se usa para el control de documentos. Además en la parte baja del campo A, en página__de__; anotar el número consecutivo correspondiente a la página en la que se trabaja junto con el número total de hojas que completan el AMEF.

Artículo (B)

Anotar el nombre y número del sistema, subsistema o componente para el cual corresponde el análisis del proceso que se está haciendo.

Responsable del proceso (C)

Escribir el nombre de la organización, departamento o grupo que es responsable del diseño del proceso bajo análisis. Si aplica, también anotar el nombre de la empresa proveedora.

Año/Modelo/Programa(s) (D)

Registrar el año y programa del modelo del producto que se usará o será afectado por el proceso que se analiza (si es conocido).

Fecha clave (E)

Escribir la fecha obligatoria en que se debe terminar este AMEF, ya sea por la fecha de inicio de la producción o por una meta en tiempo que el equipo decida imponerse.

Fecha AMEF (Orig.) (F)

Si ya se ha hecho antes un AMEF sobre este proceso, anotar tanto la fecha del primer AMEF como la fecha de la última revisión formal.

Equipo principal (G)

Registrar los miembros del equipo que tienen la responsabilidad de desarrollar el AMEF. Los datos complementarios de contacto de estas personas (nombre, departamento, e-mail, etc.) pueden registrarse en la documentación complementaria del análisis. El AMEF es desarrollado y actualizado por un equipo, típicamente multidisciplinario y encabezado por el área de ingeniería. Se espera que en el desarrollo del AMEF se involucre a las áreas afectadas.

¿Cómo llenar el AMFE?: Contenido

Modo potencial de falla

Es la manera en que un sistema podría fallar en su operación o cumplimiento de requerimientos.

Se debe responder:

- ¿Cómo el proceso puede fallar en su desempeño o en el cumplimiento de especificaciones?
- Independientemente de las especificaciones de ingeniería, ¿qué consideraría un cliente como objetable?

Efectos potenciales de la falla

Son las consecuencias negativas que se dan cuando falla un proceso, por lo que se deben buscar sus causas.

Severidad (S):

- La severidad de los efectos de las fallas potenciales se evalúa en una escala del 1 al 10 y representa la gravedad de la falla para el cliente o para una operación posterior, una vez que esta falla ha ocurrido.
- Se refiere o se aplica al efecto.
- Pueden manifestarse en el cliente final o en el proceso de manufactura.
- Siempre se debe considerar primero al cliente final.
- Si el efecto ocurre en ambos, use la severidad más alta.

Criterios y puntuaciones para la severidad del efecto de la falla

Efecto	Criterio: severidad del efecto sobre el producto (efecto para el cliente)	Puntuación	Efecto	Criterio: severidad del efecto sobre el proceso (efecto para manufactura/ensamble)
Incumplimiento de los requerimientos de seguridad o reglamentarios	El efecto del modo de falla impacta la operación segura del producto y/o involucra incumplimiento de regulaciones gubernamentales sin previo aviso.	10	Incumplimiento de los requerimientos de seguridad o reglamentarios	Puede poner en peligro al operador (máquina o ensamble) sin previo aviso.
	El efecto del modo de falla impacta la operación segura del producto y/o involucra incumplimiento de regulaciones gubernamentales con previo aviso.	9		Puede poner en peligro al operador (máquina o ensamble) con previo aviso.
Pérdida o degradación de la función primaria	Pérdida de la función primaria (producto inoperable, no afecta la operación segura del producto).	8	Trastorno o afectación mayor	El 100% de la producción puede que tenga que desecharse. Paro de la línea de producción o del embarque.
	Degradación de la función primaria (producto operable, pero hay reducción del nivel de desempeño).	7	Trastorno o afectación significativa	Una parte de la producción puede que tenga que desecharse. El efecto sobre el proceso principal incluye la disminución de la velocidad de la línea o el que se tenga que agregar más operadores.
Pérdida o degradación de función secundaria	Pérdida de función secundaria (producto operable, pero las funciones de confort o comodidad son inoperables).	6	Trastorno o afectación moderada	El 100% de la producción puede que tenga que ser reprocesada fuera de la línea de producción para luego ser aceptada.
	Degradación de función secundaria (producto operable, pero hay reducción del nivel de desempeño de las funciones de confort o comodidad)	5		Una parte de la producción puede que tenga que ser reprocesada fuera de la línea de producción para luego ser aceptada.
Molestia	Apariencia o ruido audible, producto operable, parte no conforme y es percibido por la mayoría de los clientes (más del 75%).	4	Trastorno o afectación moderada	El 100% de la producción puede que tenga que ser reprocesada en la estación de trabajo antes de que ésta sea procesada.
	Apariencia o ruido audible, producto operable, parte no conforme y es percibido por muchos clientes (50%).	3		Una parte de la producción puede que tenga que ser reprocesada en la estación de trabajo antes de que ésta sea procesada.
	Apariencia o ruido audible, producto operable, parte no conforme y es percibida por los clientes más perspicaces (menos del 25%).	2	Trastorno o afectación menor	Ligeros inconvenientes para el proceso, operación u operador.
Ningún efecto	Ningún efecto perceptible para el cliente.	1	Ningún efecto	Ningún efecto perceptible

¿Cómo llenar el AMFE?: Contenido

Clasificación

- Se utiliza para identificar los modos de falla o causas que pueden requerir valoraciones. Se clasifica cualquier característica especial del producto o proceso.

Causas potenciales del modo de falla

- Lista de todas las posibles causas para cada modo de falla. Causa de falla → manera como podría ocurrir esta. Cada causa ocupa un renglón. Utilizar diagrama de Ishikawa. Cada modo de fallo analizado puede tener una o más causas.

Ocurrencia (O)

- Estimar la posibilidad con la que se espera ocurra cada una de las causas potenciales de falla listadas
- ¿con qué frecuencia se activa tal mecanismo de falla?
- La posibilidad de que ocurra cada causa potencial se estima en una escala de 1 a 10.

Controles actuales del proceso

- Describe controles dirigidos a prevenir la causa de la falla o detectar el modo o causa de la falla que ocurrió

Crterios para la evaluaci3n de la ocurrencia de las causas potenciales de falla en el AMFE

Posibilidad de falla	Criterio: ocurrencia de las causas (incidentes por piezas/producto)	Puntuaci3n
Muy alta	≥ 100 por cada mil piezas ≥ 1 de cada 10	10
Alta	50 por cada mil piezas 1 en cada 20	9
	20 por cada mil piezas 1 en cada 50	8
	10 por cada mil piezas 1 en cada 100	7
Moderada	2 por cada mil piezas 1 en cada 500	6
	0.5 por cada mil piezas 1 en cada 2000	5
	0.1 por cada mil piezas 1 en cada 10000	4
Baja	0.01 por cada mil piezas 1 en cada 100000	3
	≤ 0.001 por cada mil piezas 1 en cada 1000000	2
Muy baja	Las fallas son eliminadas por medio de control preventivo	1

Crterios para estimar la posibilidad de detección de los modos de falla

Deteccción (D)

- Se trata de valorar la posibilidad de que los mejores controles listados detecten el modo de falla o su causa
- Se expresa en una escala de 1 a 10 donde entre mas preventivos y mejor sean los controles mas baja es la calificacion

Oportunidad de detección	Criterio: posibilidad de detección por los controles del proceso	Puntuación	Posibilidad de detección
Ninguna oportunidad de detección	Actualmente no hay controles del proceso, no se puede detectar o no es analizado.	10	Casi imposible
No es probable detectar en cualquier etapa	El modo de falla y/o la causa(error) no son fácilmente detectados (por ejemplo, auditorías aleatorias).	9	Muy remota
Deteccción del problema después del procesamiento	El modo de falla se detecta en la estación de trabajo por el operador a través de los sentidos de la vista, olfato u oído.	8	Remota
Deteccción del problema en la fuente	El modo de falla se detecta en la estación de trabajo por el operador a través de los sentidos de la vista, olfato u oído, o bien después de la producción a través del uso de instrumentos que miden atributos (pasa/no pasa, verificación manual del torque, llaves graduadas, etc.)	7	Muy Baja
Deteccción del problema después del procesamiento	El modo de falla se detecta por el operador después del proceso a través de equipos de mediciones continuas, o en la estación de trabajo por el operador a través del uso de instrumentos que miden atributos (pasa/no pasa, verificación manual del torque, llaves graduadas, etc.)	6	Baja
Deteccción del problema en la fuente	El modo de falla o la causa del error se detectan en la estación de trabajo por el operador mediante equipos de mediciones continuas, o mediante controles automáticos en la estación de trabajo que identifican las partes discrepantes y notifican al operador (luz, sonidos, etc.). Se realizan mediciones al arranque y la primer pieza se verifica (sólo para cusas relacionadas con el arranque).	5	Moderada
Deteccción del problema después del procesamiento	El modo de falla se detecta después del proceso mediante controles automáticos que identifican las partes discrepantes y bloquean la parte para prevenir el que no se procese posteriormente.	4	Moderadamente alta
Deteccción del problema en la fuente	El modo de falla se detecta en la estación de trabajo por controles automáticos que identifican las partes discrepantes y bloquean la parte en la estación para prevenir el que no se procese posteriormente.	3	Alta
Deteccción del error y/o prevención del problema	Se detecta la causa(error) de la falla en la estación de trabajo por controles automáticos que detectarán errores y previenen que se hagan partes discrepantes.	2	Muy Alta
No se aplica detección, se previene el error	Se previene la causa(error) de la falla como resultado del diseño del accesorio, la máquina o la parte. No se pueden hacer partes discrepantes porque se tiene un diseño de producto/proceso a prueba de errores.	1	Casi segura

Evaluación del riesgo

Número de prioridad del riesgo (NPR)

Índice que se calcula al multiplicar la severidad del efecto de la falla, por la posibilidad de ocurrencia y por la posibilidad de que los controles detecten cada causa.

$$NPR = Severidad (S) \times Ocurrencia (O) \times Detección (D)$$

El NPR puede tomar valores de 1 a 1000, y se calcula para cada una de las líneas del formato generadas por la correspondencia de Efecto-Causas-Controles

Acciones recomendadas

Número de prioridad del riesgo (NPR)

Índice que se calcula al multiplicar la severidad del efecto de la falla, por la posibilidad de ocurrencia y por la posibilidad de que los controles detecten cada causa.

$$NPR = Severidad (S) \times Ocurrencia (O) \times Detección (D)$$

El NPR puede tomar valores de 1 a 1000, y se calcula para cada una de las líneas del formato generadas por la correspondencia de Efecto-Causas-Controles

Bibliografía

- Freivalds, A. & Niebel, B. *Ingeniería Industrial – métodos estándares y diseño del trabajo*. McGraw-Hill
- Render, B. & Heizer, J. *Principios de administración de operaciones*. Pearson
- Bedny, G. & Bedny, I. (2019) *Work Activity Studies Within the Framework of Ergonomics, Psychology, and Economics*. Taylor & Francis Group.
- Slack, N. et al. (2016). *Operations Management*. Pearson
- Stevenson, W. (2015). *Operations Management*. McGraw-Hill
- Bridger, R. (2019). *Introduction to Human Factors and Ergonomics*. Taylor & Francis Group.
- Lehto, M. & Buck, J. (2008). *Introduction to Human Factors and Ergonomics ofr Engineers*. Taylor & Francis Group.
- Stack, T. et al. (2016). *Occupational Ergonomics – A Practical Approach*. Wiley
- Kroemer, K. (2017). *Fitting the Human – Introduction to Ergonomics / Human Factors Engineering*. Taylor & Francis Group.
- Marras, W. & Karwowski, W. (2006) *Fundamentals And Assessment Tools For Ocupational Ergonomics*. Taylor & Francis Group.
- Konz, S. & Johnson, S. (2016) *Work Design and Occupational Ergonomics*. Taylor & Francis Group.
- Schmitt, R. (2015). *Basiswissen Qualitätsmanagement*
- (2011). *FMEA Handbook*.



Ricardo Caballero, M.Sc.

Docente Tiempo Completo
Facultad de Ingeniería Industrial
Centro Regional de Chiriquí
Universidad Tecnológica de Panamá

E-mail: ricardo.caballero@utp.ac.pa

<https://www.academia.utp.ac.pa/ricardo-caballero>