

Mantenimiento y confiabilidad

Descripción del capítulo

PERFIL GLOBAL DE LA COMPAÑÍA: MANTENIMIENTO Y CONFIABILIDAD SON LOS FACTORES CRÍTICOS PARA EL ÉXITO DE LOS TRANSBORDADORES ESPACIALES DE LA NASA

IMPORTANCIA ESTRATÉGICA DEL MANTENIMIENTO Y LA CONFIABILIDAD CONFIABILIDAD

- Mejora de componentes individuales
- Asignación de redundancia

MANTENIMIENTO

- Implantación del mantenimiento preventivo
- Incremento de las capacidades de reparación

MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL TÉCNICAS PARA ESTABLECER POLÍTICAS DE MANTENIMIENTO

RESUMEN

TÉRMINOS CLAVE

USO DE POM PARA WINDOWS PARA RESOLVER PROBLEMAS DE CONFIABILIDAD
PROBLEMAS RESUELTOS
EJERCICIOS EN INTERNET Y EL CD-ROM DEL ESTUDIANTE
PREGUNTAS PARA ANÁLISIS
EJERCICIO DE PENSAMIENTO CRÍTICO
EJERCICIO DEL MODELO ACTIVO
PROBLEMAS
PROBLEMAS DE TAREA EN INTERNET
CASO DE ESTUDIO: WORLDWIDE CHEMICAL COMPANY
CASOS DE ESTUDIO ADICIONALES
BIBLIOGRAFÍA
RECURSOS DE INTERNET

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

Al terminar de estudiar este capítulo usted será capaz de:

IDENTIFICAR O DEFINIR:

- Mantenimiento
- Tiempo medio entre fallas
- Redundancia
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento por fallas
- Mortalidad infantil

DESCRIBIR O EXPLICAR:

- Cómo medir la confiabilidad del sistema
- Cómo mejorar el mantenimiento
- Cómo evaluar el desempeño del mantenimiento

PERFIL GLOBAL DE LA COMPAÑÍA:

Mantenimiento y confiabilidad son los factores críticos para el éxito de los transbordadores espaciales de la NASA

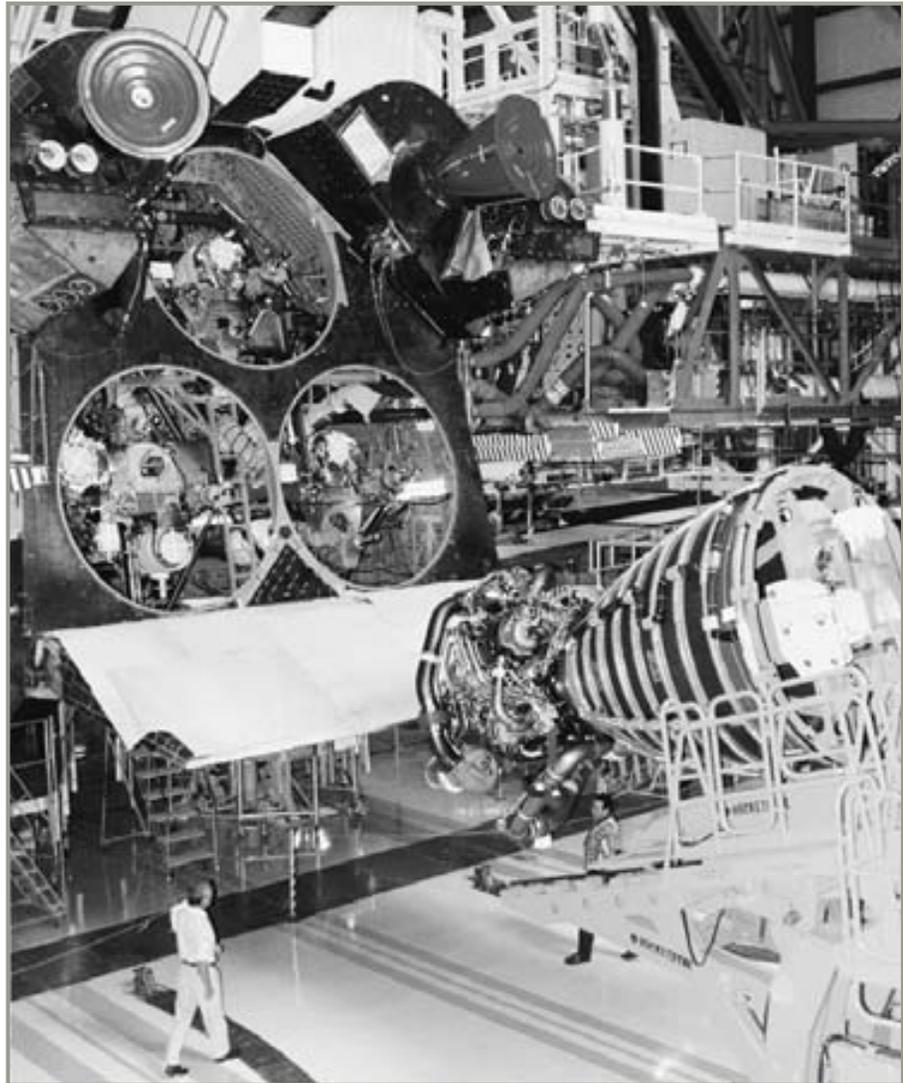


El transbordador espacial Atlantis se transporta de su hangar a la plataforma de lanzamiento.

Desde varias millas de distancia, el transbordador espacial luce blanco y reluciente en la plataforma de lanzamiento. Sin embargo, de cerca, en el hangar donde los tres transbordadores de la NASA, Endeavor, Atlantis y Discovery, pasan la mayor parte de sus vidas, un transbordador puede mostrar sus verdaderos colores: verde mohoso; café quemado; gris deslucido; negro hollín.

En uno de los hangares del Centro Espacial Kennedy, Atlantis descansa con sus entrañas dispersas. Sus tres motores (cada uno del tamaño de un Volkswagen) se encuentran en otro taller para recibir mantenimiento. Tiene un enorme boquete en su nariz porque los jets frontales están en el piso. Con millones de millas en su odómetro, Atlantis es como un auto usado. Sin embargo, la NASA no tiene planes para retirar estos caballos de batalla de muchos millones de dólares. Se espera que el Atlantis haga otra docena de viajes como laboratorio de ciencia global, con su área de carga rentada a docenas de naciones para experimentos científicos y lanzamiento de satélites.

Un plan de este tipo requiere una confiabilidad de clase mundial. También requiere mantenimiento. Sin duda, significa unos 600 trabajos de mantenimiento



El motor principal del Atlantis se instala en la planta de Procesamiento del Orbitador.

generados por computadora, cada uno con cientos de tareas, durante el intervalo de tres meses entre vuelos. Hay plataformas que instalar, inspecciones de motores, revisión de las turbo-bombas, recolocación de mosaicos, revisión del drenaje de aceites lubricantes, la remoción y reinstalación de paracaídas de arrastre. Más de 100 hombres y mujeres trabajan atrás del escenario para

mantener la antigua y gran reputación de confiabilidad del Atlantis. Todos recordamos la explosión del Challenger en enero de 1986 y el desastre del Columbia en febrero de 2003. A pesar de las trágicas pérdidas, el administrador del programa de transbordadores, Ron Dittermore, aún considera que "los vehículos se mantienen en condiciones inmaculadas".



Inspección de un túnel que conduce al compartimiento de carga.

IMPORTANCIA ESTRATÉGICA DEL MANTENIMIENTO Y LA CONFIABILIDAD

Los administradores de la NASA deben evitar los resultados indeseables de la falla de un transbordador. El resultado de un fracaso llega a ser perjudicial, inconveniente, un desperdicio y muy costoso en términos de dinero y vidas humanas. La falla de máquinas y productos puede tener efectos de largo alcance en la operación, reputación y rentabilidad de la organización. En las plantas complejas y altamente mecanizadas un proceso fuera de tolerancia o la falla de una máquina significaría la inactividad de empleados e instalaciones, la pérdida de clientes y de su lealtad, así como ganancias que se transformen en pérdidas. En una oficina, la falla de un generador, un sistema de aire acondicionado o una computadora pueden detener las operaciones. Un mantenimiento adecuado y una estrategia de confiabilidad protegen tanto el funcionamiento como la inversión de la empresa.

El objetivo del mantenimiento y la confiabilidad es mantener la capacidad del sistema al mismo tiempo que controlar los costos. Un buen sistema de mantenimiento evita la variabilidad del sistema. Los sistemas deben diseñarse y mantenerse para lograr el desempeño y los estándares de calidad esperados. El **mantenimiento** incluye todas las actividades involucradas en conservar el equipo de un sistema trabajando. **Confiabilidad** es la probabilidad de que un producto o las partes de una máquina funcionen correctamente durante el tiempo especificado y en las condiciones establecidas.

Dos empresas que reconocen la importancia estratégica del mantenimiento especializado son Walt Disney Company y United Parcel Service. Disney World, en Florida, es intolerante con las fallas o descomposturas. La reputación de Disney no sólo lo hace uno de los destinos vacacionales más populares del mundo, sino también una meca para los equipos de *benchmarking* que quieren estudiar sus prácticas de mantenimiento y confiabilidad.

De igual forma, la famosa estrategia de mantenimiento de UPS mantiene sus vehículos de reparto funcionando y viéndose como nuevos por 20 años o más. El programa de UPS incluye conductores dedicados que manejan todos los días el mismo camión y mecánicos esforzados que dan mantenimiento al mismo grupo de vehículos. Conductores y mecánicos son ambos responsables del funcionamiento de los vehículos y tienen una comunicación estrecha.

La interdependencia entre operario, máquina y mecánico es un sello distintivo de mantenimiento y confiabilidad exitosos. Como se ilustra en la figura 17.1, no son sólo los procesos para el buen mantenimiento y la confiabilidad los que marcan el éxito de Disney y UPS, sino también la participación de sus empleados.

En este capítulo examinamos cuatro tácticas importantes para mejorar el mantenimiento y la confiabilidad tanto de los equipos y productos como de los sistemas que los producen. Las cuatro tácticas están organizadas en torno al mantenimiento y la confiabilidad.

Las tácticas de confiabilidad son

1. Mejorar los componentes individuales.
2. Proporcionar redundancia.

Las tácticas de mantenimiento son

1. Implantar o mejorar el mantenimiento preventivo.
2. Incrementar las capacidades o la velocidad de reparación.

Mantenimiento

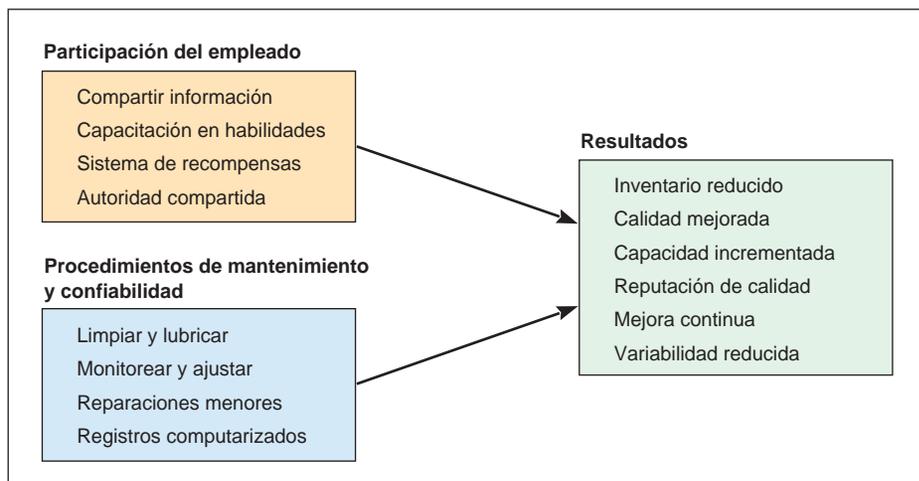
Todas las actividades involucradas en conservar el equipo de un sistema en buen estado.

Confiabilidad

La probabilidad de que un producto o las partes de una máquina funcionen correctamente durante un tiempo específico y en las condiciones establecidas.

FIGURA 17.1 ■

El buen mantenimiento y la estrategia de confiabilidad requieren la participación del empleado y buenos procedimientos



DIEZ DECISIONES ESTRATÉGICAS DE AO

- Diseño de bienes y servicios
- Administración de la calidad
- Estrategia de proceso
- Estrategias de localización
- Estrategias de distribución física
- Recursos humanos
- Administración de la cadena de suministro
- Administración de inventarios
- Programación
- Mantenimiento**

El administrador de operaciones debe eliminar la variabilidad: diseñar para la confiabilidad y administrar para el mantenimiento son elementos cruciales.

CONFIABILIDAD

Los sistemas están compuestos por una serie de elementos individuales interrelacionados, cada uno de los cuales realiza un trabajo específico. Si *algún* componente falla, por la razón que sea, puede fallar el sistema en su totalidad (por ejemplo, un avión o una máquina).

Mejora de componentes individuales

Debido a que las fallas son parte del mundo real, comprender su ocurrencia es un concepto importante de confiabilidad. Se examinará el impacto de una falla en una serie. La figura 17.2 muestra que a medida que aumenta el número de elementos en *serie*, la confiabilidad de todo el sistema disminuye con rapidez. Un sistema de $n = 50$ partes que interactúan, cada una con una confiabilidad general de 99.5%, tiene una confiabilidad global de 78%. Si el sistema tiene 100 partes interactivas, cada una con confiabilidad de 99.5%, la confiabilidad global será sólo 60 por ciento.

Para medir la confiabilidad de un sistema en el que cada parte o componente individual tiene su propia tasa de confiabilidad, no podemos usar la curva de confiabilidad que se muestra en la figura 17.2. Sin embargo, el método para calcular la confiabilidad del sistema (R_s) es sencillo. Consiste en encontrar el producto de las confiabilidades individuales como sigue:

$$R_s = R_1 \times R_2 \times R_3 \times \dots \times R_n \tag{17-1}$$

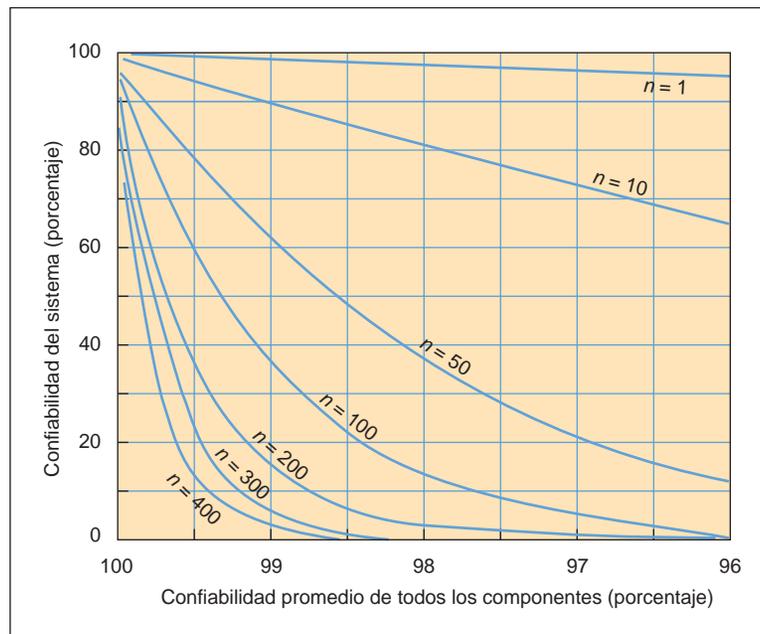
donde R_1 = confiabilidad del componente 1
 R_2 = confiabilidad del componente 2

y así sucesivamente.

La ecuación (17-1) supone que la confiabilidad de un componente individual no depende de la confiabilidad de los otros componentes (esto es, cada componente es independiente). Además, en esta ecuación igual que en la mayoría de los análisis de confiabilidad, las confiabilidades se presentan como *probabilidades*. Así, una confiabilidad de .90 significa que la unidad funcionará debidamente 90% del tiempo. También significa que fallará $1 - .90 = .10 = 10\%$ del tiempo. Podemos usar este método para evaluar la confiabilidad de un servicio o producto, como el que se examina en el ejemplo 1.

FIGURA 17.2 ■

Confiabilidad global del sistema como función del número de componentes y confiabilidad del componente con componentes en serie



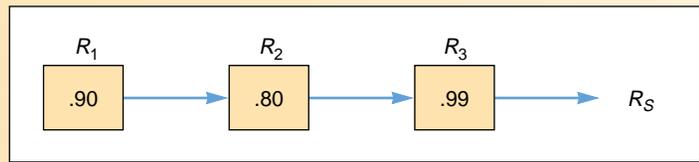
Ejemplo 1



Modelo activo 17.1

El ejemplo 1 se ilustra con más detalle en el modelo activo 17.1 de su CD-ROM.

El National Bank de Greeley, Colorado, procesa las solicitudes mediante tres empleados colocados en serie:



Si los empleados tienen confiabilidades de .90, .80, .99, entonces la confiabilidad del proceso es

$$R_s = R_1 \times R_2 \times R_3 = (.90)(.80)(.99) = .713 \text{ o } 71.3\%$$

Con frecuencia la confiabilidad de los componentes es cuestión de diseño del cual quizá sea responsable el personal de diseño de ingeniería. Sin embargo, el personal de la cadena de suministro es capaz de mejorar los componentes del sistema si se mantiene al tanto de los productos y esfuerzos de investigación que realizan los proveedores. El personal de la cadena de suministro también puede contribuir directamente en la evaluación del desempeño del proveedor.

La unidad básica para medir la confiabilidad es la *tasa de falla del producto* (TF). Las empresas que producen equipo de alta tecnología suelen proporcionar datos de la tasa de falla de sus productos. Como se muestra en las ecuaciones (17-2) y (17-3), la tasa de falla mide el porcentaje de fallas entre el número total de productos probados, TF(%), o el número de fallas durante un periodo, TF(N):

$$TF(\%) = \frac{\text{Número de fallas}}{\text{Número de unidades probadas}} \times 100\% \tag{17-2}$$

$$TF(N) = \frac{\text{Número de fallas}}{\text{Número de horas-unidad de tiempo de operación}} \tag{17-3}$$

Tiempo medio entre fallas (TMEF)

El tiempo esperado entre una reparación y la siguiente falla o descompostura de un componente, máquina, proceso o producto.

Quizá el término más común para el análisis de confiabilidad es el **tiempo medio entre fallas (TMEF)**, que es el recíproco de TF(N):

$$TMEF = \frac{1}{TF(N)} \tag{17-4}$$

En el ejemplo 2 calculamos el porcentaje de fallas TF(%), el número de fallas TF(N) y el tiempo medio entre fallas (TMEF).

Ejemplo 2

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 de la NASA en Huntsville, Alabama. Dos de los sistemas fallaron, uno después de 200 horas y el otro después de 600 horas. Para calcular el porcentaje de fallas, se usa la siguiente ecuación:

$$TF(\%) = \frac{\text{Número de fallas}}{\text{Número de unidades probadas}} = \frac{2}{20} (100\%) = 10\%$$

Luego calculamos el número de fallas por hora de operación:

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

donde

$$\begin{aligned} \text{Tiempo total} &= (1,000 \text{ h})(20 \text{ unidades}) \\ &= 20,000 \text{ unidades-h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tiempo sin operar} &= 800 \text{ h para la falla 1} + 400 \text{ h para la falla 2} \\ &= 1,200 \text{ unidades-h} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} TF(N) &= \frac{2}{20,000 - 1,200} = \frac{2}{18,800} \\ &= .000106 \text{ fallas/unidades-h} \end{aligned}$$

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

$$\text{TMEF} = \frac{1}{.000106} = 9,434 \text{ h}$$

Si un viaje típico del transbordador espacial dura 60 días, la NASA puede estar interesada en la tasa de fallas por viaje:

$$\begin{aligned} \text{Tasa de fallas} &= (\text{fallas/unidad-h})(24\text{h/día})(60 \text{ días/viaje}) \\ &= (.000106)(24)(60) \\ &= .152 \text{ fallas/viaje} \end{aligned}$$

Debido a que la tasa de fallas registrada en el ejemplo 2 es quizá demasiado alta, la NASA tendrá que aumentar la confiabilidad de los componentes individuales y, por tanto, del sistema, o bien instalar varias unidades de aire acondicionado de respaldo en cada transbordador espacial. Las unidades de respaldo proporcionan redundancia.

Asignación de redundancia

Para aumentar la confiabilidad del sistema se agrega **redundancia**. La técnica aquí es “respaldar” los componentes con componentes adicionales. Lo anterior se conoce como poner unidades en paralelo y es una táctica estándar en administración de operaciones como se señala en el recuadro *AO en acción*, “los pilotos del Tomcat F-14 aman la redundancia”. La redundancia se proporciona para asegurar que si un componente falla, el sistema pueda recurrir a otro. Por ejemplo, digamos que la confiabilidad de un componente es 0.80 y la respaldamos con otro componente de confiabilidad 0.80. La confiabilidad que se obtiene es la probabilidad del primer componente trabajando más la probabilidad del componente de respaldo (o en paralelo) trabajando multiplicada por la necesidad de usar el componente de respaldo (1 - .8 = .2). Por lo tanto,

$$\left(\begin{array}{c} \text{Probabilidad} \\ \text{del componen-} \\ \text{te trabajando} \end{array} \right) + \left[\left(\begin{array}{c} \text{Probabilidad} \\ \text{del segundo} \\ \text{componente} \\ \text{trabajando} \end{array} \right) \times \left(\begin{array}{c} \text{Probabilidad} \\ \text{de necesitar} \\ \text{el segundo} \\ \text{componente} \end{array} \right) \right] =$$

$$(.8) + [(.8) \times (1 - .8)] = .8 + .16 = .96$$

AO EN ACCIÓN

Los pilotos del Tomcat F-14 aman la redundancia

En un mundo que acepta software con bichos y sistemas que se colapsan, vale la pena recordar que algunos sistemas de computadora operan sin fallas. ¿Dónde están esos sistemas? Están en los aviones de combate, los transbordadores espaciales, las plantas nucleares y los sistemas de control de inundaciones. Estos sistemas son extraordinariamente confiables, aun cuando dependen fuertemente del software. Estos sistemas tienen como base la redundancia —tienen su propio software y sus propios procesadores— y usan la mayor parte de sus ciclos para realizar verificaciones internas de la calidad.

La geometría variable del ala del Tomcat F-14 hace posible que vuele a gran velocidad y desacelere con rapidez

cuando aterriza en un portaviones. Los cálculos para determinar correctamente la posición de las alas conforme cambia la velocidad del aire se realizan mediante un software y procesadores específicos para ello. Los procesadores trabajan en conjunto de manera que múltiples cálculos verifican las señales de salida.

Sólo 10% del software del F-14 se usa para volar el avión; 40% se usa para hacer pruebas y verificaciones automáticas; el 50% restante es redundancia. Los sistemas altamente confiables funcionan correctamente porque sus diseños incluyen autorevisiones y redundancia. Estos sistemas redundantes encuentran problemas potenciales y los corrigen antes de que se presente una falla. Por ello, si usted es un piloto de un Tomcat F-14, ama la redundancia.

Fuente: *information.com* (1 de abril de 2002): 34.

Redundancia
Uso de componentes en paralelo para elevar la confiabilidad.

El ejemplo 3 muestra la forma en que la redundancia mejora la confiabilidad en el proceso de los préstamos presentado en el ejemplo 1.

Ejemplo 3

El National Bank está preocupado porque su procesamiento de solicitudes de préstamos tiene una confiabilidad de sólo .713 (véase el ejemplo 1). Por lo tanto, el banco decide proporcionar redundancia para los dos empleados menos confiables. El resultado de este procedimiento en el sistema se muestra a continuación:

$$\begin{array}{ccc}
 R_1 & R_2 & R_3 \\
 \boxed{0.90} & \boxed{0.8} & \\
 \downarrow & \downarrow & \\
 \boxed{0.90} & \rightarrow \boxed{0.8} & \rightarrow \boxed{0.99} = [.9 + .9(1 - .9)] \times [.8 + .8(1 - .8)] \times .99 \\
 & & = [.9 + (.9)(.1)] \times [.8 + (.8)(.2)] \times .99 \\
 & & = .99 \times .96 \times .99 = .94
 \end{array}$$

Al proporcionar redundancia para dos empleados, el National Bank ha incrementado la confiabilidad de procesamiento de los préstamos de 0.713 a 0.94.



Modelo activo 17.2

El ejemplo 3 se ilustra con más detalle en el modelo activo 17.2 del CD-ROM y en el ejercicio de la página 633.

Mantenimiento preventivo

Un plan que involucra una rutina de inspección y servicio, así como de mantenimiento de las instalaciones en buen estado para prevenir fallas.

Mantenimiento por fallas

Mantenimiento para corregir, que ocurre cuando el equipo falla y debe repararse de emergencia o de manera prioritaria.

Mortalidad infantil

La tasa de falla temprana en la vida de un producto o proceso.

MANTENIMIENTO

Existen dos tipos de mantenimiento: mantenimiento preventivo y mantenimiento por fallas. El **mantenimiento preventivo** implica realizar inspecciones y servicio rutinarios, así como mantener las instalaciones en buen estado. Estas actividades buscan construir un sistema que permita localizar las fallas posibles y realizar los cambios o reparaciones para prevenirlas. El mantenimiento preventivo es mucho más que mantener las máquinas y el equipo funcionando. También incluye el diseño de sistemas humanos y técnicos para mantener el proceso productivo trabajando dentro de las tolerancias; permite que el sistema funcione bien. El punto central del mantenimiento preventivo es entender el proceso y mantenerlo trabajando sin interrupción. El **mantenimiento por fallas** ocurre cuando el equipo se descompone y debe repararse con base en una emergencia o prioridad.

Implantación del mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo implica que es posible determinar cuándo un sistema requiere servicio o necesitará reparación. Por lo tanto, para realizar el mantenimiento preventivo, es necesario conocer cuándo un sistema requiere servicio o cuándo es probable que falle. Las fallas ocurren con diferentes tasas durante la vida de un producto. Una tasa de falla inicial alta, conocida como **mortalidad infantil**, puede existir para muchos productos.¹ Por esto muchas empresas de electrónica “quemán” sus productos antes de sacarlos al mercado; es decir, ejecutan una serie de pruebas (como un ciclo total de lavado en Maytag) para detectar problemas de “arranque” antes de su embarque. También dan garantías de 90 días. Cabe señalar que muchas fallas de mortalidad infantil no son fallas del producto en sí, sino fallas que se deben al uso inadecuado del producto. Este hecho destaca aún más la importancia de que la administración de operaciones construya un sistema de servicio después de la venta que incluya instalación y capacitación.

Una vez que el producto, máquina o proceso se “asienta”, es posible realizar un estudio de la distribución del TMEF (tiempo medio entre fallas). Estas distribuciones suelen seguir una curva normal. Cuando las distribuciones exhiben desviaciones estándar pequeñas, se sabe que se tiene un candidato para el mantenimiento preventivo, aun cuando el mantenimiento sea costoso.²

Una vez que la empresa ha elegido un candidato para el mantenimiento preventivo, es necesario determinar *cuándo* es económico ese mantenimiento preventivo. En general, cuanto más caro sea el mantenimiento, más estrecha deberá ser la distribución del TMEF (es decir, debe tener una desviación estándar pequeña). Además, si la reparación del proceso cuando se descompone no es más costosa que su mantenimiento preventivo, quizá convenga dejar que el proceso falle para repararlo. Sin embargo, deben analizarse con cuidado las consecuencias de las fallas. Aun fallas menores llegan a tener consecuencias catastróficas. Por el contrario, los costos del mantenimiento preventivo pueden ser tan incidentales que sea apropiado aun si la distribución del TMEF es relativamente plana (es decir, si

¹Las fallas de mortalidad infantil suelen seguir una distribución exponencial negativa.

²Véase, por ejemplo, el trabajo de P. M. Morse, *Queues, Inventories and Maintenance* (Nueva York: John Wiley, 1958): 161-168; y J. Michael Brock, John R. Michael y David Morganstein, “Using Statistical Thinking to Solve Maintenance Problems”, *Quality Progress* (mayo de 1989): 55-60.

El mantenimiento preventivo es crítico para Orlando Utilities Commission (OUC), una planta de suministro eléctrico en la zona centro de Florida. Su termoeléctrica de carbón requiere que el personal de mantenimiento realice unas 12 mil reparaciones y tareas de mantenimiento preventivo al año. Éstas se programan a diario mediante un programa computarizado de mantenimiento preventivo. Una suspensión forzosa puede costarle a OUC entre 250,000 y 500,000 dólares por día. El valor del mantenimiento preventivo se hizo evidente en la primera reparación general de un nuevo generador, la cual reveló que el aspa cuarteada de un rotor pudo haber destruido un equipo de 27 millones de dólares.



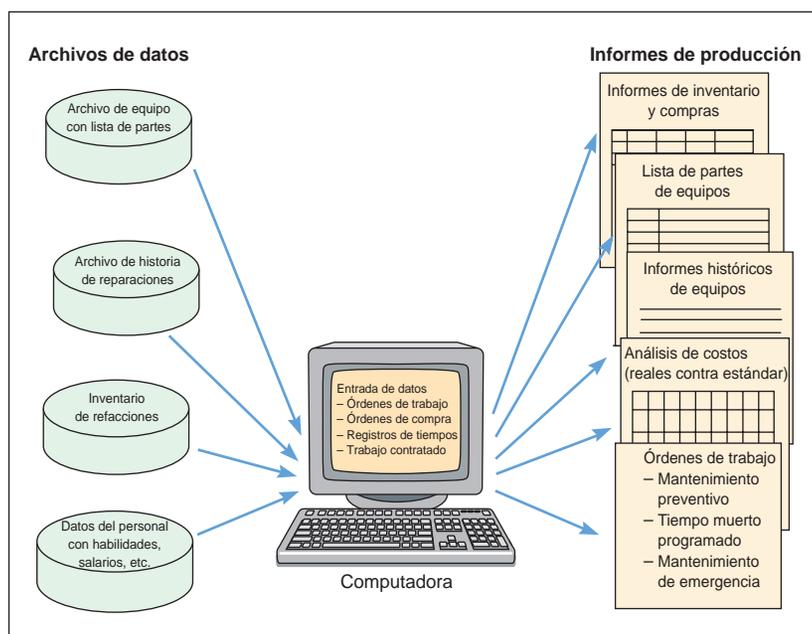
tienen una desviación estándar grande). En todo caso y siendo congruentes con las prácticas de enriquecimiento del trabajo, los operarios de las máquinas deben ser responsables del mantenimiento preventivo de su propio equipo y herramientas.

Con buenas técnicas de informes, las empresas mantienen registros de procesos, maquinaria o equipos individuales. Estos registros pueden proporcionar un perfil de los dos tipos de mantenimiento que se hayan requerido y los tiempos para el mantenimiento necesario. Conservar el historial del equipo es una parte importante de un sistema de mantenimiento preventivo, como lo es el registro del tiempo y el costo de hacer las reparaciones. Estos registros también aportan información similar acerca de equipos de la misma familia, así como de los proveedores.

Es tan importante llevar y mantener los registros que la mayoría de los buenos sistemas de mantenimiento en la actualidad son computarizados. La figura 17.3 muestra los componentes principales de este tipo de sistemas donde los archivos que deben mantenerse están a la izquierda y los reportes generados a la derecha.

FIGURA 17.3 ■

Un sistema de mantenimiento computarizado



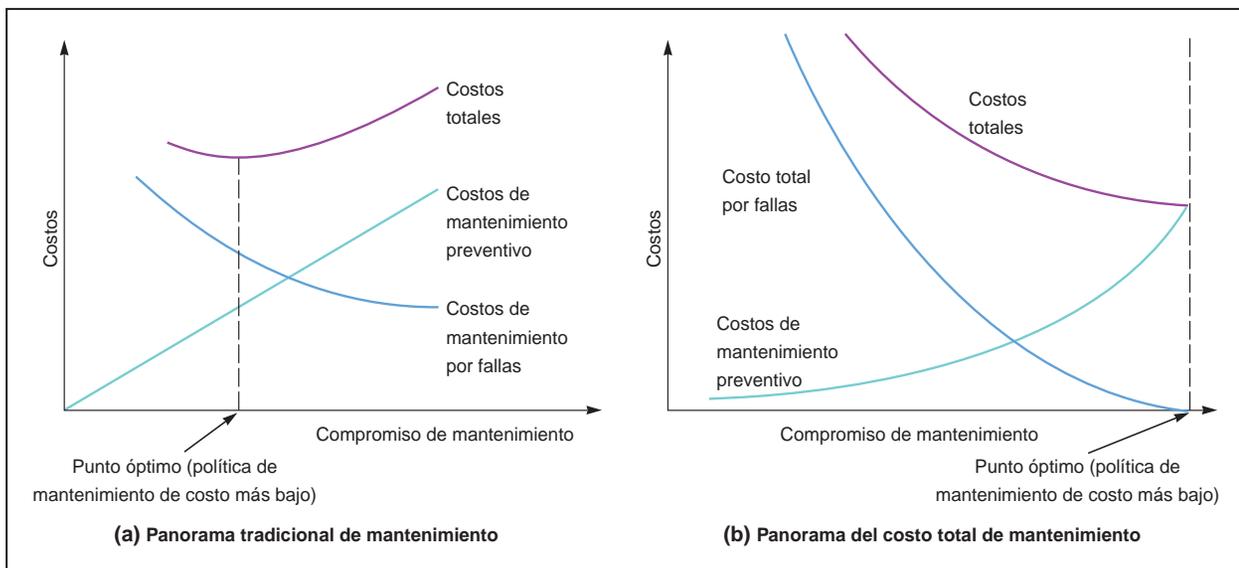


FIGURA 17.4 ■ Costos de mantenimiento

La figura 17.4a muestra el panorama tradicional de la relación entre el mantenimiento preventivo y el mantenimiento por fallas. Con este punto de vista, el administrador de operaciones considera un *balance* entre ambos costos. Por un lado, la asignación de más recursos al mantenimiento preventivo reducirá el número de fallas. Sin embargo, en algún punto, la disminución del costo del mantenimiento por fallas puede ser menor que el aumento en el costo del mantenimiento preventivo. En este punto, la curva del costo total comienza a elevarse. Más allá de este punto, la empresa estará mejor si espera a que ocurran las fallas y las repara.

Desafortunadamente, la curva de costos como la de la figura 17.4a rara vez considera *el costo completo de una falla*. Muchos costos se ignoran porque no se relacionan *directamente* con la descompostura inmediata. Por ejemplo, el costo de mantener artículos en inventario para compensar el tiempo muerto por lo general no se considera. Más aún, el tiempo muerto puede tener un efecto devastador en el ánimo de los empleados, quienes empezarán a creer que no es importante el desempeño estándar ni el mantenimiento del equipo. Por último, el tiempo muerto también afecta en forma negativa el programa de entregas, lo cual deteriora las relaciones con los clientes y amenaza negativamente ventas futuras. Cuando se considera el impacto completo de las descomposturas, el esquema en la figura 17.4b puede ser una mejor representación del costo de mantenimiento. En la figura 17.4b, los costos totales están en el mínimo cuando el sistema no falla.

Suponiendo que se han identificado todos los costos potenciales asociados con el tiempo muerto, el personal de operaciones debe calcular el nivel óptimo de mantenimiento según la teoría. Por supuesto, tal análisis requiere también datos históricos precisos sobre los costos de mantenimiento, las probabilidades de descomposturas y los tiempos de reparación. El ejemplo 4 muestra una forma de comparar los costos de mantenimiento por fallas y preventivo, con la finalidad de seleccionar la política de mantenimiento menos costosa.

Ejemplo 4

Huntsman y Asociados es un despacho de Contadores Públicos Certificados especializado en la preparación de nóminas. La firma ha tenido éxito en automatizar gran parte de su trabajo, mediante impresoras de alta velocidad para el procesamiento de cheques y preparación de informes. Sin embargo, el enfoque computarizado tiene sus problemas. En los últimos 20 meses, las impresoras se han descompuesto a la tasa que se indica en la siguiente tabla:

NÚMERO DE FALLAS	NÚMERO DE MESES EN QUE OCURRIERON FALLAS
0	2
1	8
2	6
3	4
	Total: 20

Huntsman estima que cada vez que las impresoras fallan pierde \$300 en promedio en tiempo y gastos de servicio. Una alternativa sería comprar un contrato de mantenimiento preventivo. Pero aun cuando Huntsman contrate el

mantenimiento preventivo habrá fallas, cuyo *promedio* será una falla por mes. El precio mensual de este servicio es \$150. Para decidir si Huntsman debe contratar el mantenimiento preventivo, seguiremos un enfoque de 4 pasos:

- Paso 1:** Calcular el *número esperado* de fallas (con base en datos históricos) si la empresa sigue como hasta ahora, sin contrato de servicio.
- Paso 2:** Calcular el costo esperado de las fallas cada mes con contrato de mantenimiento preventivo.
- Paso 3:** Calcular el costo del mantenimiento preventivo.
- Paso 4:** Comparar las dos opciones y seleccionar la de menor costo.

1.

NÚMERO DE FALLAS	FRECUENCIA	NÚMERO DE FALLAS	FRECUENCIA
0	2/20 = .1	2	6/20 = 0.3
1	8/20 = .4	3	4/20 = 0.2

$$\begin{aligned}
 \left(\begin{array}{c} \text{Número esperado} \\ \text{de fallas} \end{array} \right) &= \sum \left[\left(\begin{array}{c} \text{Número} \\ \text{de fallas} \end{array} \right) \times \left(\begin{array}{c} \text{Frecuencia} \\ \text{correspondiente} \end{array} \right) \right] \\
 &= (0)(.1) + (1)(.4) + (2)(.3) + (3)(.2) \\
 &= 0 + .4 + .6 + .6 \\
 &= 1.6 \text{ Fallas/mes}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \text{ Costo esperado de fallas} &= \left(\begin{array}{c} \text{Número esperado} \\ \text{de fallas} \end{array} \right) \times \left(\begin{array}{c} \text{Costo} \\ \text{por falla} \end{array} \right) \\
 &= (1.6)(\$300) \\
 &= \$480/\text{mes}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3. \left(\begin{array}{c} \text{Costo de manteni-} \\ \text{miento preventivo} \end{array} \right) &= \left(\begin{array}{c} \text{Costo esperado} \\ \text{de fallas si se contrata} \\ \text{el servicio} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{c} \text{Costo del servi-} \\ \text{cio contratado} \end{array} \right) \\
 &= (1 \text{ falla/mes})(\$300) + \$150/\text{mes} \\
 &= \$450/\text{mes}
 \end{aligned}$$

4. Puesto que en general es menos costoso contratar a una empresa de servicio de mantenimiento (\$450) que no hacerlo (\$480), Huntsman debería contratarla.

Con algunas variaciones de la técnica mostrada en el ejemplo 4, los administradores de operaciones pueden examinar sus políticas de mantenimiento.

Incremento de las capacidades de reparación

Debido a que la confiabilidad y el mantenimiento preventivo pocas veces son perfectos, la mayor parte de las empresas opta por algún nivel de capacidad de reparación. Aumentar o mejorar las instalaciones de reparación pondría más rápido al sistema en operación otra vez. Una buena instalación de mantenimiento debe tener las siguientes seis características:

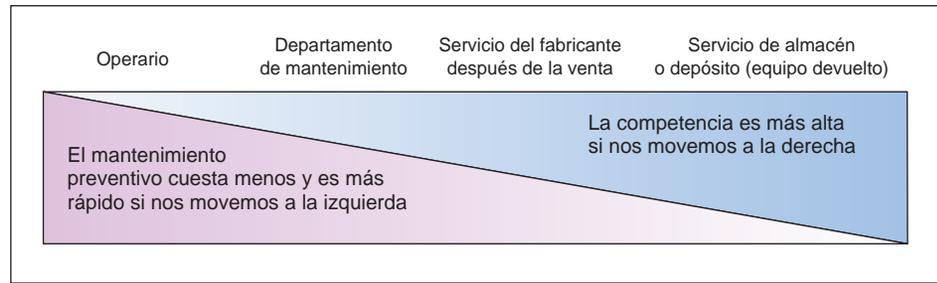
1. Personal bien capacitado.
2. Recursos adecuados.
3. Habilidad para establecer un plan de reparación y prioridades.³
4. Habilidad y autoridad para realizar la planeación de materiales.
5. Habilidad para identificar la causa de las fallas.
6. Habilidad para diseñar formas de alargar el TMEF.

Sin embargo, no todas las reparaciones pueden hacerse en las instalaciones de la empresa. La figura 17.5 muestra algunas opciones y la forma de evaluarlas en términos de velocidad, costo y competencia. Congruente con las ventajas de aumentar la delegación de autoridad en los empleados, debe haber una justificación poderosa para que los empleados den mantenimiento a su propio equipo. Sin embargo, este enfoque

³Recordará de nuestro análisis de planeación de redes en el capítulo 3, que DuPont desarrolló el método de la ruta crítica (CPM) para mejorar la programación de los proyectos de mantenimiento.

FIGURA 17.5 ■

El administrador de operaciones debe determinar cómo se realizará el mantenimiento



quizá también sea el eslabón más débil en cadena de reparación, pues no todos los empleados pueden capacitarse en todos los aspectos de la reparación de equipos. Moverse a la derecha en la figura 17.5 mejoraría la aptitud en el trabajo de reparación, aunque también incrementaría los costos, ya que puede incluir costosas reparaciones realizadas en otro sitio con el incremento correspondiente en el tiempo de reemplazo y embarque.

Sin embargo, las políticas y técnicas para el mantenimiento preventivo deben incluir un énfasis en que los empleados acepten la responsabilidad del mantenimiento que son capaces de realizar. El mantenimiento por parte de los empleados puede ser sólo del tipo “limpiar, revisar y observar”, pero si cada operario realiza esas actividades dentro de su capacidad, el administrador habrá dado un paso adelante, tanto para delegar autoridad en los empleados, como para mantener el buen desempeño del sistema.

MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL

Mantenimiento productivo total (TPM)

Combina la administración de la calidad total con la perspectiva estratégica del mantenimiento desde el diseño del proceso y el equipo hasta el mantenimiento preventivo.

Muchas empresas se han desplazado hacia la aplicación de los conceptos de administración de la calidad total en el servicio de mantenimiento preventivo, con un enfoque conocido como **mantenimiento productivo total (TPM, total productive maintenance)**. Esto incluye el concepto de reducir la variabilidad mediante la participación del empleado y un excelente mantenimiento de los registros. Además el mantenimiento productivo total incluye:

- Diseñar máquinas confiables, fáciles de operar y fáciles de mantener.
- Destacar el costo total de propiedad al comprar máquinas, con la finalidad de que tanto el servicio como el mantenimiento se incluyan en su costo.
- Desarrollar planes de mantenimiento preventivo que utilicen las mejores prácticas de operarios, departamentos de mantenimiento, y servicio de almacén o depósito.
- Capacitar a los trabajadores para operar y mantener sus propias máquinas.

La alta utilización de las instalaciones, una programación estricta, el inventario bajo y la calidad constante, todo demanda confiabilidad.⁴ El mantenimiento productivo total es la clave para reducir la variabilidad y mejorar la confiabilidad.

TÉCNICAS PARA ESTABLECER POLÍTICAS DE MANTENIMIENTO

Otras dos técnicas de AO han demostrado sus beneficios para el mantenimiento efectivo: la simulación y los sistemas expertos.

Simulación Debido a la complejidad de algunas decisiones de mantenimiento, la simulación computarizada es una buena herramienta para evaluar el efecto de las diferentes políticas. Por ejemplo, el personal de operaciones puede decidir si aumenta su personal determinando los trueques entre los costos de descompostura de la maquinaria y los costos de personal adicional.⁵ La administración también simula el

⁴Esta conclusión se apoya en numerosos estudios; véase, por ejemplo, el trabajo reciente de Kathleen E. McKane, Roger G. Shroeder y Kerry O. Cua, “The Impact of Total Productive Maintenance Practices on Manufacturing Performance”, *Journal of Operations Management* 19, núm. 1 (enero de 2001): 39-58.

⁵Christian Striffler, Walton Hancock y Ron Turkett, “Maintenance Staffs: Size Them Right”, *IIE Solutions* 32, núm. 12 (diciembre de 2000): 33-38.

reemplazo de partes que aún no han fallado, como medio para prevenir fallas futuras. También es útil la simulación a través de modelos físicos. Por ejemplo, un modelo físico puede hacer vibrar un avión para simular miles de horas de vuelo y evaluar las necesidades de mantenimiento.

Sistemas expertos Los administradores de operaciones usan sistemas expertos (es decir, programas de computadora que imitan la lógica humana) para ayudar a que el personal aisle y repare diversas fallas en máquinas y equipos. Por ejemplo, el sistema DELTA de General Electric plantea una serie de preguntas detalladas que ayudan al usuario a identificar el problema. DuPont usa sistemas expertos para dar seguimiento al equipo y capacitar al personal de reparaciones.

RESUMEN

Los administradores de operaciones se centran en diseñar mejoras y componentes de respaldo para mejorar la confiabilidad. También es posible obtener mejoras en la confiabilidad mediante el mantenimiento preventivo y excelentes instalaciones de reparación.

Algunas empresas utilizan sensores automáticos y otros controles para avisar cuando la maquinaria de producción está por fallar o se está dañando por calor, vibraciones o fugas de fluidos. La meta de estos procedimientos no es sólo evitar fallas sino también realizar el mantenimiento preventivo antes de que las máquinas se dañen.

Por último, muchas empresas dan a sus empleados la sensación de ser “dueños” de sus equipos. Cuando los trabajadores reparan o dan mantenimiento preventivo a sus propias máquinas, las fallas son menos frecuentes. Los trabajadores con autoridad y bien capacitados aseguran sistemas confiables a través del mantenimiento preventivo. A su vez, un equipo bien cuidado y confiable no sólo proporciona una utilización más alta, sino también mejora la calidad y el funcionamiento acorde con la programación. Las mejores empresas construyen y mantienen sistemas para que los clientes puedan depender de los productos y servicios producidos de acuerdo con las especificaciones y a tiempo.

TÉRMINOS CLAVE

Mantenimiento (p. 622)
 Confiabilidad (p. 622)
 Tiempo medio entre fallas (TMEF) (p. 624)
 Redundancia (p. 625)

Mantenimiento preventivo (p. 626)
 Mantenimiento por fallas (p. 626)
 Mortalidad infantil (p. 626)
 Mantenimiento productivo total (TPM) (p. 630)



USO DE POM PARA WINDOWS PARA RESOLVER PROBLEMAS DE CONFIABILIDAD

El módulo de confiabilidad de POM para Windows nos permite introducir **1.** número de sistemas (componentes) en serie (1 a 10); **2.** número de respaldos o componentes en paralelo (1 a 12), y **3.** confiabilidad de los componentes tanto en serie como en paralelo. Para obtener más información consulte el apéndice V.

PROBLEMAS RESUELTOS

Problema resuelto 17.1

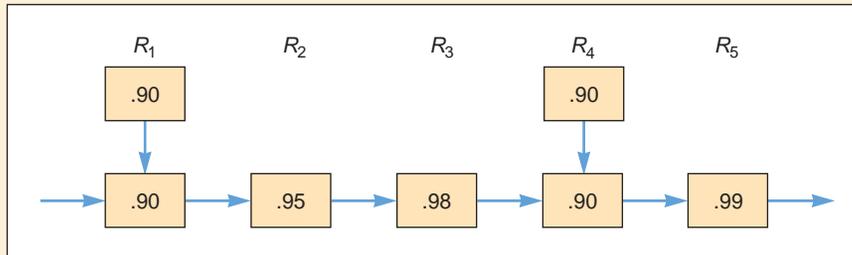
El semiconductor que se usa en la calculadora de muñeca Sullivan tiene 5 partes, cada una con su propia tasa de confiabilidad. El componente 1 tiene una confiabilidad de .90; el componente 2 de .95; la 3 de .98; la 4 de .90, y el componente 5 de .99. ¿Cuál es la confiabilidad de un semiconductor?

SOLUCIÓN

$$\begin{aligned}
 \text{Confiabilidad del semiconductor, } R_s &= R_1 \times R_2 \times R_3 \times R_4 \times R_5 \\
 &= (.90)(.95)(.98)(.90)(.99) \\
 &= .7466
 \end{aligned}$$

Problema resuelto 17.2

Un cambio reciente de ingeniería en la calculadora de muñeca Sullivan coloca un componente de respaldo en cada uno de los dos circuitos de transistores menos confiables. El nuevo circuito se verá como sigue:



¿Cuál es la confiabilidad del nuevo sistema?

SOLUCIÓN

$$\begin{aligned}
 \text{Confiabilidad} &= [.9 + (1 - .9) \times .9] \times .95 \times .98 \times [.9 + (1 - .9) \times .9] \times .99 \\
 &= [.9 + .09] \times .95 \times .98 \times [.9 + .09] \times .99 \\
 &= .99 \times .95 \times .98 \times .99 \times .99 \\
 &= .903
 \end{aligned}$$

EJERCICIOS EN INTERNET Y EL CD-ROM DEL ESTUDIANTE

Visite nuestra página Web o use el CD-ROM del estudiante como apoyo con el material de este capítulo.



En nuestra página Web, www.pearsoneducacion.net/heizer

- Auto-exámenes
- Problemas de práctica
- Ejercicios en Internet
- Artículos e investigación actuales
- Recorrido virtual por una compañía
- Problemas de tarea en Internet
- Caso en Internet



En el CD-ROM del estudiante

- Exposición en PowerPoint
- Problemas de práctica
- Ejercicio del modelo activo

PREGUNTAS PARA ANALIZAR

1. ¿Cuál es el objetivo del mantenimiento y la confiabilidad?
2. ¿Cómo se identifica a un candidato para el mantenimiento preventivo?
3. ¿Explique el concepto de “mortalidad infantil” en el contexto de la confiabilidad del producto?
4. ¿Por qué con frecuencia la simulación es una técnica apropiada para los problemas de mantenimiento?
5. ¿Cuál es el trueque entre el mantenimiento que realiza el operario y el mantenimiento que lleva a cabo el proveedor?
6. ¿Cómo evalúa un administrador la efectividad de la función de mantenimiento?
7. ¿Qué papel tendría la tecnología de la información en la función de mantenimiento?
8. ¿Qué papel tendría la tecnología de la información en la función de mantenimiento?
9. En una discusión sobre los méritos del mantenimiento preventivo en Windsor Pointers, el dueño de la compañía preguntó, “¿por qué arreglarlo antes de que falle?” Usted, como director de mantenimiento, ¿cómo le respondería?
10. ¿El mantenimiento preventivo eliminará *todas* las fallas?

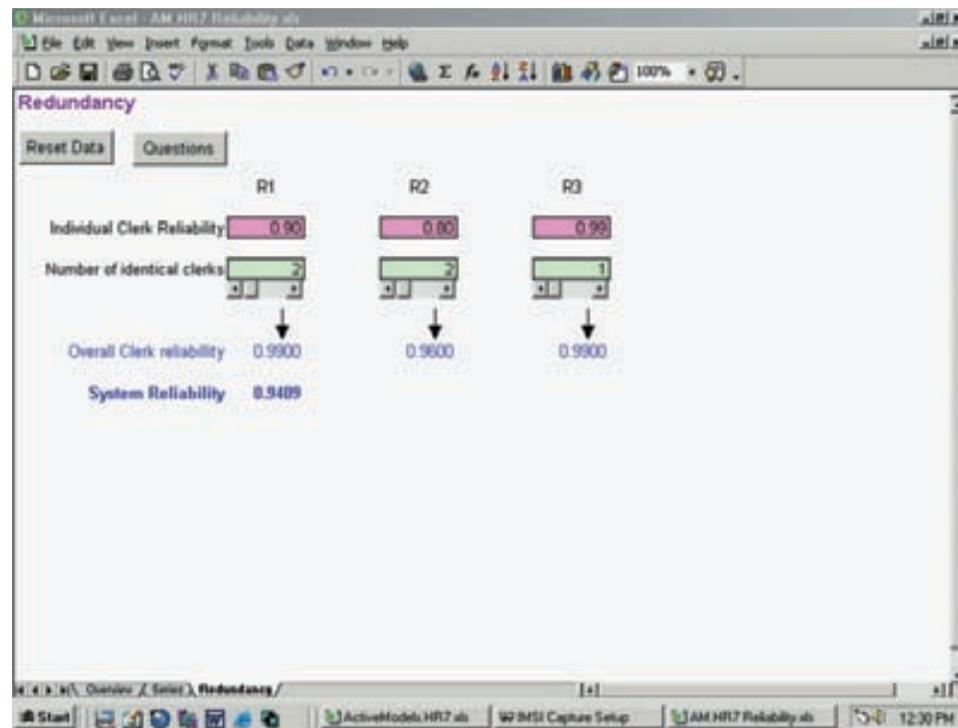
EJERCICIO DE PENSAMIENTO CRÍTICO

Después del choque de un DC-10 de McDonell Douglas en Iowa, una investigación subsiguiente sugirió que el sistema hidráulico del avión podía no proporcionar la protección suficiente. El DC-10 cuenta con tres sistemas hidráulicos separados, y todos ellos fallaron cuando uno de los motores explotó. El motor arrojó pedazos de metal que cortaron dos de las líneas y la tercera necesitaba suministro de energía del motor destruido. El DC-10, a diferencia de otros jets comerciales, no cuenta con las válvulas de cierre que hubieran podido detener la fuga del fluido hidráulico.

El L-1011 de Lockheed, un jet trimotor similar, tiene cuatro sistemas hidráulicos. En aquel entonces, uno de los vicepresidentes de McDonell Douglas comentó, “uno siempre se puede ir a los extremos y aún así no tener un avión práctico. Siempre se puede estar completamente seguro y nunca despegar”. Analice los pros y los contras de la posición de McDonell Douglas. ¿Cómo podría diseñar un experimento de confiabilidad? ¿Qué ha pasado desde entonces con la corporación McDonell Douglas?

EJERCICIO DEL MODELO ACTIVO

En este modelo activo se evalúan varios elementos de un sistema de confiabilidad con redundancia.



MODELO ACTIVO 17.2 ■

Redundancia en National Bank, usando los datos del ejemplo 3

Preguntas

1. Si estuviera disponible un empleado adicional, ¿cuál sería el mejor lugar para colocarlo?
2. ¿Cuál es el número mínimo total de empleados para lograr 99% de confiabilidad del sistema?

PROBLEMAS*

- 17.1 La unidad de procesamiento electrónico de la computadora Beta II contiene 50 componentes en serie. La confiabilidad promedio de cada componente es 99.0%. Use la figura 17.2 para determinar la confiabilidad general de la unidad de procesamiento.
- 17.2 Un proceso de pruebas en aviones Boeing tiene 400 componentes en serie. La confiabilidad promedio de cada componente es 99.5%. Use la figura 17.2 para encontrar la confiabilidad general de todo el proceso de pruebas.

*Nota: **P** significa que el problema se resuelve con POM para Windows.

- 17.3 ¿Cuál es el número *esperado* de fallas anuales para el generador de energía en Orlando Utilities que ha exhibido los siguientes datos en los últimos 20 años?

Número de fallas	0	1	2	3	4	5	6
Número de años en que ocurrieron las fallas	2	2	5	4	5	2	0

- 17.4 Cada falla de un graficador o plotter en Airbus Industries cuesta \$50. Encuentre el costo esperado de las fallas diarias dados los siguientes datos.

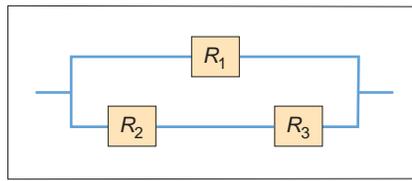
Número de fallas	0	1	2	3	4
Probabilidad de fallas diarias	.1	.2	.4	.2	.1

- P** : 17.5 En la actualidad se diseña un nuevo sistema para el control de aviones que debe ser 98% confiable. Este sistema consiste en tres componentes en serie. Si los tres componentes deben tener el mismo nivel de confiabilidad, ¿qué nivel de confiabilidad se requiere?

- 17.6 La empresa Robert Klassan Manufacturing, fabricante de equipo médico, ha sometido 100 marcapasos a 5 mil horas de prueba. A la mitad de las pruebas, 5 marcapasos fallaron. Cuál fue la tasa de falla en términos de lo siguiente:

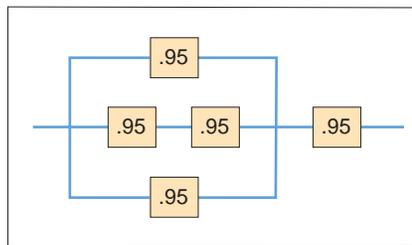
- Porcentaje de fallas?
- Número de fallas por unidad/hora?
- Número de fallas por unidad/año?
- Si 1,100 personas reciben implantes de marcapasos, ¿cuántas unidades podemos esperar que fallen en el año siguiente?

- P** : 17.7 ¿Cuál es la confiabilidad del siguiente proceso de producción? $R_1 = 0.95, R_2 = 0.90, R_3 = 0.98$.



- P** : 17.8 Usted tiene un sistema compuesto por cuatro componentes en serie. La confiabilidad de cada componente es 0.95. ¿Cuál es la confiabilidad del sistema?

- P** : 17.9 ¿Cuál es la confiabilidad de que los préstamos de un banco sean procesados si cada uno de los 5 empleados tiene la confiabilidad mostrada en la figura que sigue?

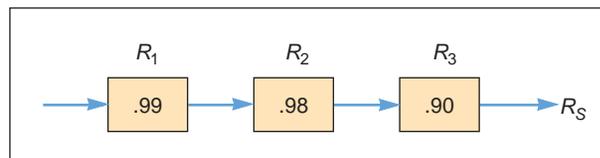


- P** : 17.10 Merrill Kim Sharp tiene un sistema de tres componentes en paralelo. Los componentes tienen las siguientes confiabilidades:

$$R_1 = 0.90, \quad R_2 = 0.95, \quad R_3 = 0.85$$

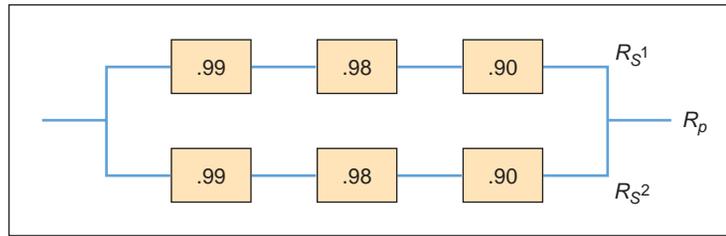
¿Cuál es la confiabilidad del sistema? (*Sugerencia:* véase el ejemplo 3).

- P** : 17.11 Un sistema de control médico cuenta con tres componentes en serie con confiabilidades individuales (R_1, R_2, R_3) como se muestra:



¿Cuál es la confiabilidad del sistema?

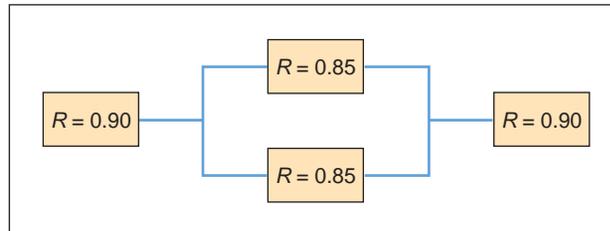
P : 17.12 a) ¿Cuál es la confiabilidad del sistema que se muestra a continuación?



b) ¿Cuánto mejora la confiabilidad si el sistema que se muestra en el problema 17.11, cambia al sistema paralelo redundante que se muestra aquí?

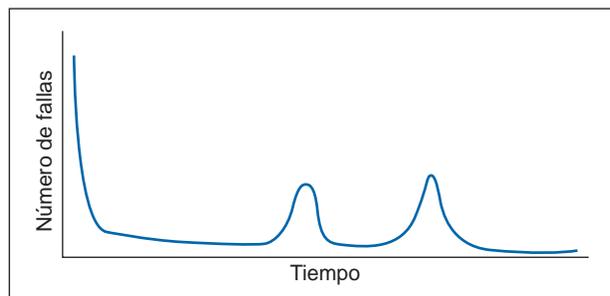
P : 17.13 Suponga que 85% de los pacientes de cirugía de marcapasos para el corazón sobrevive la operación, 95% sobrevive el periodo de recuperación posterior a la cirugía, 80% es capaz de hacer los cambios de estilo de vida necesarios para sobrevivir y que sólo 10% de los que no hacen esos cambios sobreviven más de un año. ¿Cuál es la probabilidad de que un paciente cualquiera sobreviva más de un año?

P : 17.14 Su equipo de diseño propone el siguiente sistema cuyos componentes tienen la confiabilidad que se indica:



¿Cuál es la confiabilidad del sistema?

: 17.15 El departamento de mantenimiento en Mechanical Dynamics ha presentado la siguiente curva de fallas, ¿qué le sugiere la curva?



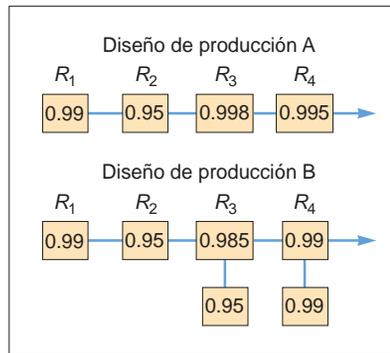
P : 17.16 Rick Wing, vendedor de Wave Soldering Systems, Inc. (WSSI), ha presentado una propuesta para mejorar el control de la temperatura de su máquina actual. Esta máquina usa un cuchillo de aire caliente para remover limpiamente el exceso de soldadura de cada tableta de circuitos impresos; se trata de un gran concepto, pero el control de la temperatura del aire caliente carece de confiabilidad. Según Wing, los ingenieros de WSSI han mejorado la confiabilidad de los controles de temperaturas cruciales. El sistema tiene cuatro circuitos integrados sensibles para controlar la temperatura, pero la nueva máquina tiene un respaldo para cada uno. Los cuatro circuitos integrados tienen confiabilidades de .90, .92, .94 y .96. Los cuatro circuitos de respaldo tienen confiabilidad de .90.

a) ¿Cuál es la confiabilidad del nuevo control de temperatura?
 b) Wing dice que si paga un sobrepago, puede mejorar la confiabilidad de las cuatro unidades de respaldo a .93. ¿Cuál es la confiabilidad de esta opción?

: 17.17 ¿Cuál es el número esperado de descomposturas por año para una máquina con los siguientes datos:

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

P : 17.18 Como vicepresidente de operaciones en Krause Engineering, usted debe decidir, ¿cuál de los diseños de producto, A o B, tiene la mayor confiabilidad? B fue diseñado con unidades de respaldo para los componentes R_3 y R_4 . ¿Cuál es la confiabilidad de cada diseño?



: 17.19 Una transacción de ventas al menudeo típica consiste en varias partes menores, que pueden considerarse componentes sujetos a falla. Una lista de estos componentes incluye:

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN	DEFINICIÓN DE LA FALLA
1	Encontrar el producto adecuado en tamaño, color, etcétera	No se encuentra el producto
2	Llegar a la fila de la caja	No hay cajas abiertas, filas muy largas o con dificultades
3	Leer el código del producto con el escáner	El escáner no sirve, el artículo no está en el archivo, lectura incorrecta de nombre o precio
4	Calcular el total de la compra	Peso incorrecto, extensión incorrecta, introducción incorrecta de datos, impuesto equivocado
5	Hacer el pago	El cliente no tiene efectivo, cheque no aceptable, tarjeta de crédito rechazada
6	Entregar el cambio	Se entrega el cambio incorrecto
7	Empacar en una bolsa la mercancía	Se daña la mercancía al empacar; la bolsa se rompe
8	Concluir la transacción y salir	No hay recibo, empleado indiferente o grosero

Suponga que las ocho probabilidades de éxito son .92, .94, .99, .99, .98, .97, .95 y .96. ¿Cuál es la confiabilidad del sistema, es decir, la probabilidad de que haya un cliente satisfecho? Si usted fuera el administrador de la tienda, ¿cuál cree que sería un valor aceptable para esta probabilidad? ¿Qué componentes serían buenos candidatos para respaldo y cuáles para rediseño?

PROBLEMAS DE TAREA EN INTERNET

Visite nuestra página Web en www.pearsoneducacion.net/heizer para obtener los siguientes problemas de tarea adicionales: 7-20 a 7-24.

CASO DE ESTUDIO

Worldwide Chemical Company

Jack Smith limpió el sudor de su frente. Era otro día bochornoso de verano y una de las cuatro unidades de refrigeración del proceso estaba descompuesta. Las unidades eran vitales para la operación de la planta de fibras de Worldwide Chemical Company, que produce fibras sintéticas y hojuelas de polímeros para un mercado global.

Al Henson, el superintendente del turno diurno de producción no tardó en gritar por el intercomunicador su proclama familiar de que “las cabezas rodarían” si la unidad no estaba de nuevo trabajando antes de una hora.

Sin embargo, Jack Smith, el superintendente de mantenimiento lo había escuchado antes y nunca pasaba nada con las rabietas de Henson. “Se lo merece”, pensó. “Henson no coopera cuando queremos realizar el mantenimiento programado, entonces no se hace y el equipo se descompone.”

A pesar de todo, Henson estaba verdaderamente furioso en ese momento, por el impacto que la descompostura tendría en las cifras del rendimiento del proceso. Al encontrarse con la gerente de la planta, Beth Conner, comenzó a decir que todo lo que el departamento de mantenimiento hacía era “sentarse por ahí” a jugar cartas, como bomberos esperando a que una alarma los envíe a apagar el fuego al otro lado de la ciudad. El

enfoque de mantenimiento de “arreglar lo descompuesto” estaba costando a la planta una producción que era vital para cumplir con los estándares de costos y evitar serias variaciones. Los competidores extranjeros estaban entregando fibras de alta calidad en menos tiempo y a precios más bajos. Ya habían llamado a Conner de las oficinas corporativas para plantearle el problema de que los niveles de producción eran significativamente más bajos de los presupuestados. Los ciclos de negocios contenían variaciones estacionales predecibles. Esto significaba acumular inventarios que se acumularían durante meses, inmovilizando el capital escaso, una característica de la mayoría de los procesos continuos. Los embarques mensuales se verían mal. Los envíos de un año a la fecha estarían aún peor por las fallas de la maquinaria y la pérdida de producción hasta ahora. Conner sabía que algo debía hacer para desarrollar la confiabilidad de las máquinas. Era necesario contar con la capacidad demandada para responder a la creciente competencia extranjera. La falta de confiabilidad en el equipo de producción estaba poniendo en riesgo el esfuerzo de TQM de la compañía al causar variaciones en el proceso que afectaban tanto la ganancia de un producto de primera calidad como las entregas a tiempo, pero nadie parecía tener la respuesta al problema de descomposturas de maquinaria.

El departamento de mantenimiento operaba en buena medida como un departamento de bomberos, corriendo hacia la falla con un enjambre de mecánicos, algunos desarmaban la máquina mientras otros se volcaban sobre los diagramas del cableado y otros más buscaban las refacciones en el almacén de mantenimiento. En algún momento tendrían la

máquina funcionando de nuevo, aunque a veces debían trabajar toda la noche para que la línea de producción pudiera ponerse en marcha de nuevo. El departamento de mantenimiento siempre lo había hecho así. Sin embargo, con los nuevos competidores, la confiabilidad de la maquinaria de pronto se había convertido en una barrera importante para competir con éxito.

Los rumores de clausura comenzaron a circular por la planta y el estado de ánimo era malo, haciendo aún más difícil el buen funcionamiento. Conner sabía que para salvar la planta sería necesario encontrar soluciones con rapidez.

Preguntas para analizar

1. ¿Pueden Smith y Hansen hacer algo para mejorar el desempeño?
2. ¿Hay alguna alternativa al enfoque actual de las operaciones del departamento de mantenimiento?
3. ¿Cómo podría producción compensar la pérdida de salida de productos debida al mantenimiento programado?
4. ¿Cómo podrían utilizarse mejor los mecánicos de mantenimiento?
5. ¿Existe alguna forma de saber cuándo es probable que se descomponga una máquina?

Fuente: Patrick Owings, con la supervisión de la Profesora Marilyn M. Helms, Tennessee University en Chattanooga.

CASOS DE ESTUDIO ADICIONALES

Casos de estudio en Internet: visite nuestro sitio Web en www.pearsoneducacion.net/heizer para obtener estos casos de estudio gratuitos:

- **Cartak's Department Store:** Requiere la evaluación del efecto de contar con un verificador adicional de facturas.

Harvard seleccionó estos casos de Harvard Business School para complementar este capítulo (textbookcasematch.hbsp.harvard.edu):

- **The Dana-Farber Cancer Institute (#699-025):** Examina las características organizacionales y de proceso que pudieron haber contribuido a que ocurriera un error médico.
- **Workplace Safety at Alcoa (A) (#692-042):** Observa los retos que enfrenta el administrador de una gran planta de fabricación de aluminio en su intento por mejorar la seguridad.
- **A Brush with AIDS (A) (#394-058):** Dilema ético cuando las agujas penetran las barreras de contención.

BIBLIOGRAFÍA

- Ahire, Sanjay, Garrison Greenwood, Ajay Gupta y Mark Terwilliger, “Workforce-Constrained Preventive Maintenance Scheduling Using Evolution Strategies”, *Decision Sciences* 31, núm. 4 (otoño de 2000): 833-859.
- Ambs, Ken, *et al.*, “Optimizing Restoration Capacity in the AT&T Network”, *Interfaces* 30, núm. 1 (enero-febrero de 2000): 26-44.
- Chen, F., “Continuous Improvement for Preventive Maintenance”, *Production and Inventory Management Journal* 38, núm. 4 (cuarto trimestre de 1977): 13-16.
- Cua, Kristy O., Kathleen E. McKone y Roger G. Schroeder, “Relationship between Implementation of TQM, JIT and TPM, and Manufacturing Performance”, *Journal of Operations Management* 19, núm. 6 (noviembre de 2001): 675-694.
- Ravinder, H. V. y Carl R. Schultz, “Decision Making in a Standby Service System”, *Decision Sciences* 31, núm. 3 (verano de 2000): 573-593.
- Sloan, Thomas W y George Shanthikumar, “Combined Production and Maintenance Scheduling for a Multiple-Product, Single Machine Production System”, *Production and Operations Management* 9, núm. 4 (invierno de 2000): 379-399.
- Verrijdt, J., I. Adan y T. de Kok, “A Trade off between Emergency Repair and Inventory Investment”, *IIE Transactions* 30, núm. 2 (febrero de 1998): 119-132.
- Westerkamp, Thomas A., “Evaluating the Maintenance Process”, *IIE Transactions* 30, núm. 12 (diciembre de 1998): 22-27.
- Westerkamp, Thomas A., “Plan of Maintenance Productivity”, *IIE Transactions* 33, núm. 8 (agosto de 2001): 36-41.