Vida útil de productos en Festo

Contenido

Valores característicos de la vida útil	pág. 4
Condiciones de las pruebas	pág. 8
Valor B_{10}	pág. 12
Valor MTTF	pág. 14
Vida útil nominal	pág. 16
Técnica de seguridad	pág. 18
Total Productive Maintenance	pág. 20
Documentación adicional	pág. 22

No dejamos nada en manos del azar.
Realizamos ensayos para una larga vida útil.
Aprendemos continuamente de los resultados de los ensayos.

→ WE ARE THE ENGINEERS OF PRODUCTIVITY.

Entrenamiento de resistencia para productos de Festo - calidad para una larga vida útil
Festo somete a todas las series de productos que salen de fábrica a extensos ensayos de duración y de funcionamiento. Realizamos estos ensayos tanto en la fase de desarrollo como en la mayoría de las fases del ciclo vital del producto.
Así podemos optimizar nuestros productos de forma continua - para alcanzar una mayor vida útil, rentabilidad y fiabilidad.

Los valores característicos de vida útil de los ensayos son un punto central para el mantenimiento preventivo y la evaluación de funciones de seguridad. Además, confirman un secreto a voces: los productos de Festo marcan la referencia en cuanto a la calidad.

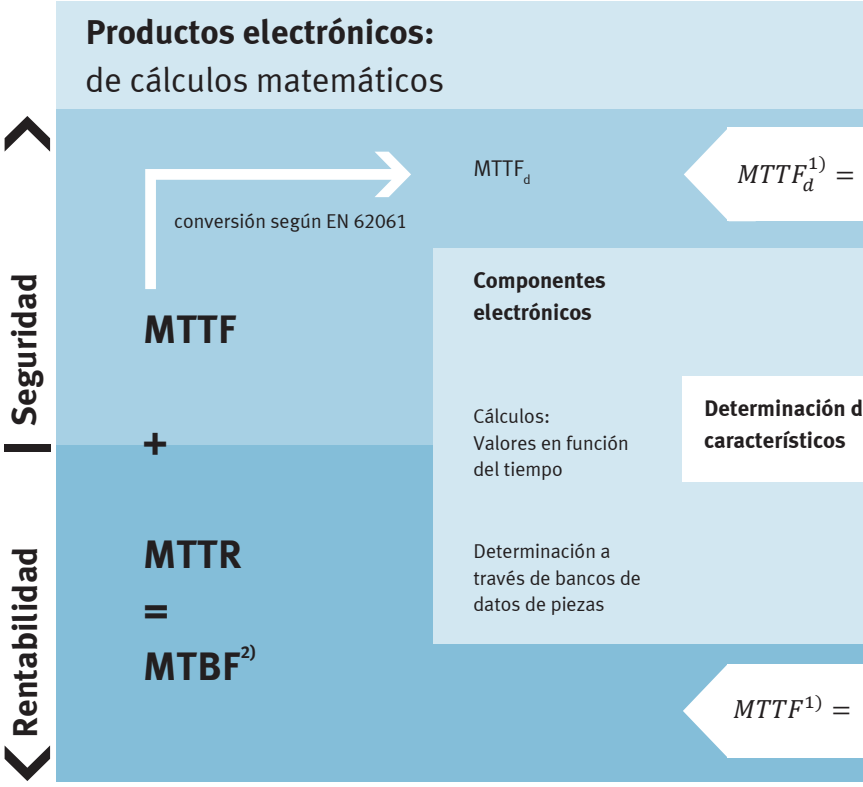
La calidad se demuestra en aquellos lugares en los que el producto adecuado está en el sitio adecuado. Para ello recibe un asesoramiento competente especializado y sobre el sector de los más de 1000 ingenieros técnicos de ventas de Festo.

Gracias al diálogo con usted, nuestros expertos logran que las características de nuestros productos y soluciones siempre se adapten exactamente a los sectores en cuestión.

Para garantizar lo siguiente: la calidad del más alto nivel para una mayor rentabilidad y fiabilidad proviene de Festo.

Valores característicos distintos y su relación

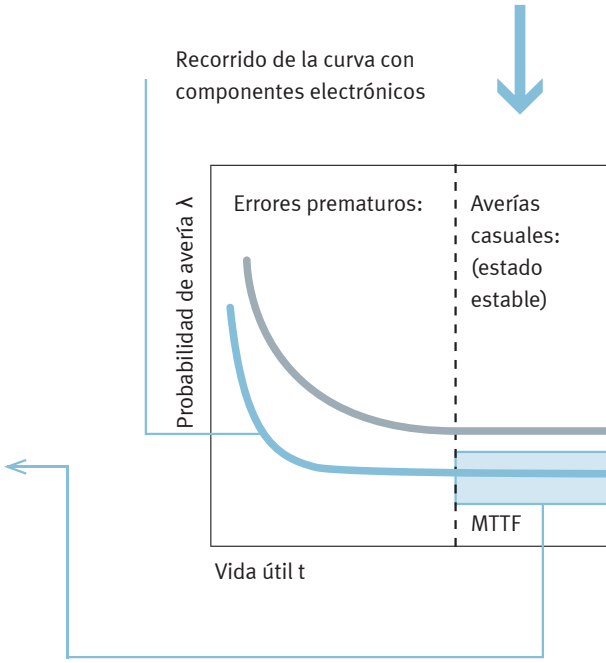
La vida útil de un producto es de gran importancia para casi todos los sectores. No obstante, las especificaciones de la vida útil son referidos a la tecnología. En productos con desgaste mecánico estos datos se indican en ciclos de conmutación o en rendimiento, en el caso de productos electrónicos se indica en horas de funcionamiento o años. En Festo se dan todos los tipos de indicación de vida útil, tanto los que se refieren a componentes mecánicos y neumáticos o a la vida útil de componentes electrónicos.



Comportamiento en caso de avería de los componentes electrónicos **λ = 1**

Determinación a través del método de recuento de partes EN/IEC 61709 o SN 29500

$$\frac{1}{MTTF_d} = \sum_{i=1}^{N} \frac{1}{MTTF_{di}} = \sum_{j=1}^{N} \frac{n_j}{MTTF_{dj}}$$



1) según DIN EN 13849-1
2) En el caso de los valores MTBF, estos dependen de una serie de factores en los que Festo no puede influir. Uno de estos factores, es por ejemplo el tipo de montaje. Por eso Festo no puede ofrecer este valor.

Productos mecánicos:
de investigaciones a largo plazo

$$\frac{B_{10d}}{0{,}1 \times n_{op}}$$

Componentes mecánicos

e los valores

Ensayos de vida útil: los valores dependen del desgaste

7 piezas de ensayo como mínimo

$$\frac{B_{10}}{0{,}1 \times n_{op}}$$

B $_{10d}$

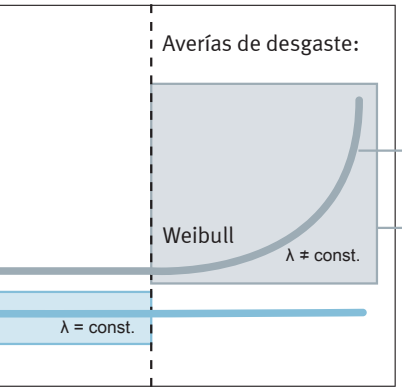
B $_{10}$

Vida útil media

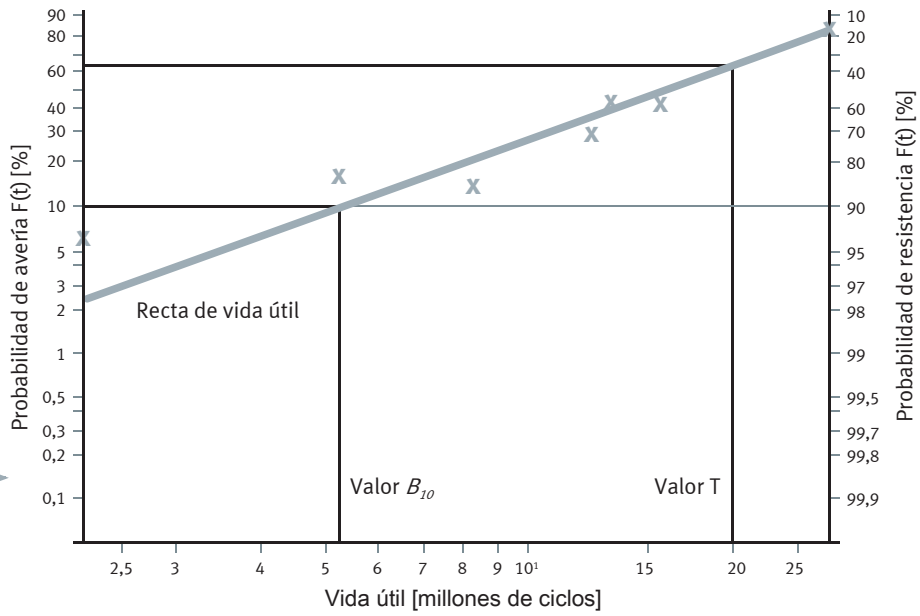
Seguridad

Rentabilidad

Recorrido de la curva con componentes neumáticos



Comportamiento en caso de avería de los componentes mecánicos **λ › 1**



Productos electrónicos:

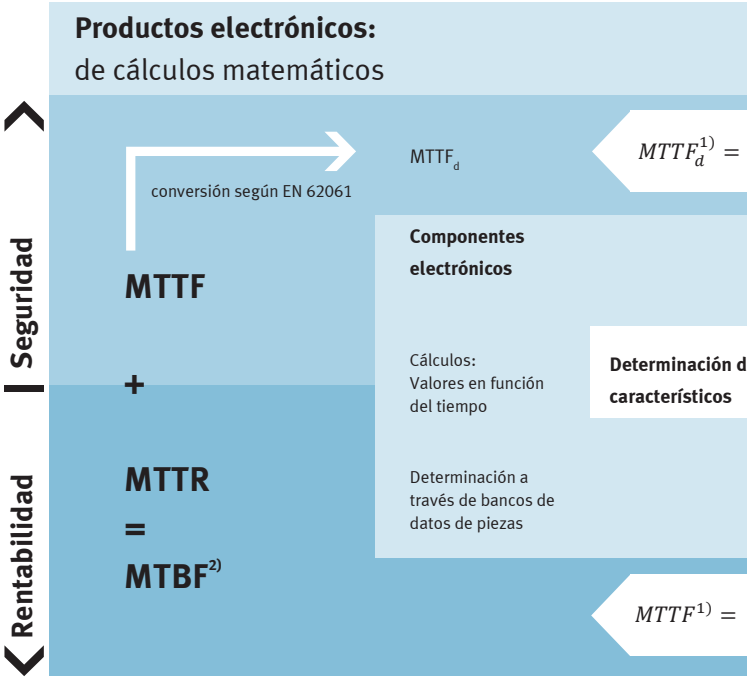
MTTF
Mean Time To Failure es el valor estadístico del tiempo medio hasta que se dé una avería con una probabilidad del 63 %. Normalmente, para productos electrónicos este valor se puede calcular basándose en los datos de la piezas (probabilidad de avería constante). La indicación se realiza normalmente en años.

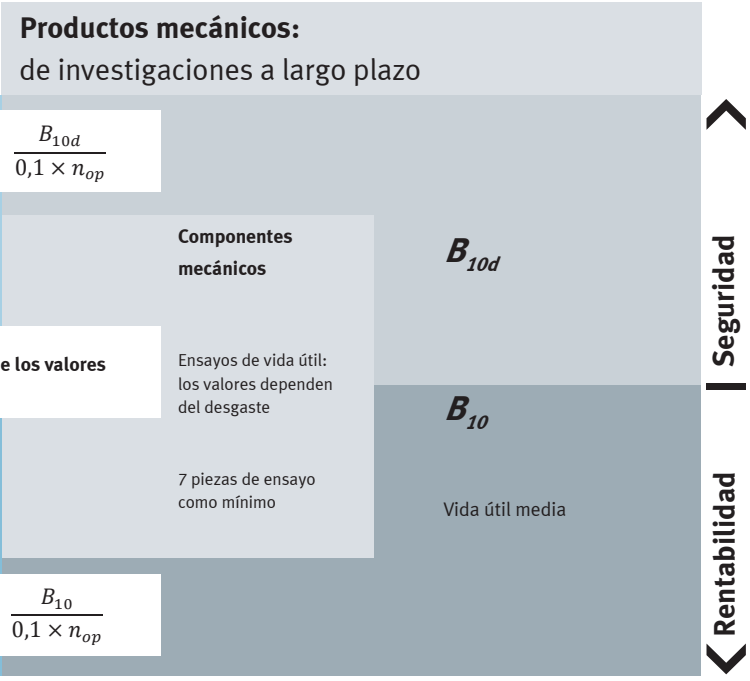
$MTTF_d$
Mean Time To Failure "dangerous" es el tiempo medio hasta que se produzca una avería peligrosa Con la descripción de avería peligrosa indicada anteriormente se presupone:
$MTTF_d = 2 \times MTTF$

MTTR
Mean Time To Repair es el tiempo medio para el restablecimiento después de una avería de un sistema.

MTBF
Mean Time Between Failure describe el tiempo entre dos averías en productos reparables y una probabilidad de averías constante.
MTTF + MTTR = MTBF

λ(t)/Probabilidad de avería
La probabilidad de averías λ(t) es una medida para el riesgo que tiene una pieza de sufrir una avería en el momento t, bajo la condición de que ha funcionado hasta ese momento.





Productos mecánicos

La vida útil media
Se indica para todos los tamaños y variantes de una serie y es un valor específico de Festo. Las bases para la determinación de la vida útil media son todas las investigaciones a largo plazo.

Valor B_{10}
Valor estadístico previsto para el número de ciclos en los que un 10 % de las piezas han superado los valores límite (tiempo de conmutación, fuga, presión de conmutación ...) definidos para el ensayo en unas condiciones también definidas. Por conclusión inversa, esto significa que esta es también la probabilidad de que el 90 % de las piezas de ensayo lleguen a la vida útil B_{10} indicada.

B_{10d}
Según ISO 13849-1 el valor B_{10d} describe el número medio de ciclos hasta que el 10 % de las piezas han sufrido una avería poeligrosa. Si no se dispone de más datos acerca de los tipos de avería, el organismo normalizador recomienda la siguiente suposición: $B_{10d} = 2 \times B_{10}$
Actualmente Festo suele ofrecer valores B_{10}.

Valor b/parámetros de forma
Parámetros de la distribución Weibull. El valor b describe el tipo de avería. Se puede distinguir entre averías prematuras (b ‹ 1), averías causales (b = 1; se corresponde con la distribución exponencial) y averías de desgaste (b › 1).

Valor T/vida útil característica
La vida útil característica T es el tiempo transcurrido hasta que se averiaron un 63 % de las piezas d ensayo.

Weibull
El análisis Weibull es el análisis de fiabilidad clásico para productos con desgaste mecánico (no hay probabilidad de avería constante).
En la red Weibull se pueden leer valores característicos de vida útil con sus correspondientes probabilidades de avería como por ejemplo la vida útil característica T, el valor B_{10} así como la inclinación de las rectas de vida útil (parámetro de forma b).

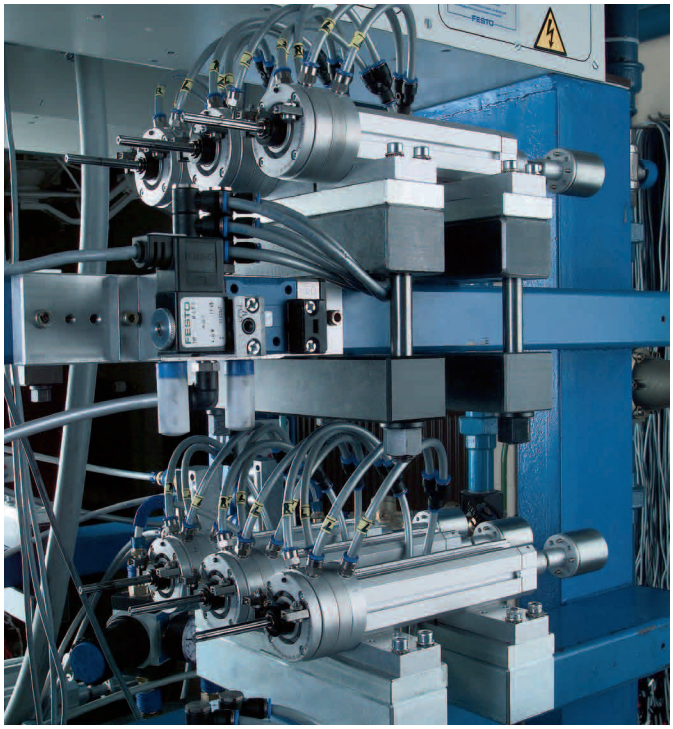
Revisados hasta los detalles más mínimos.

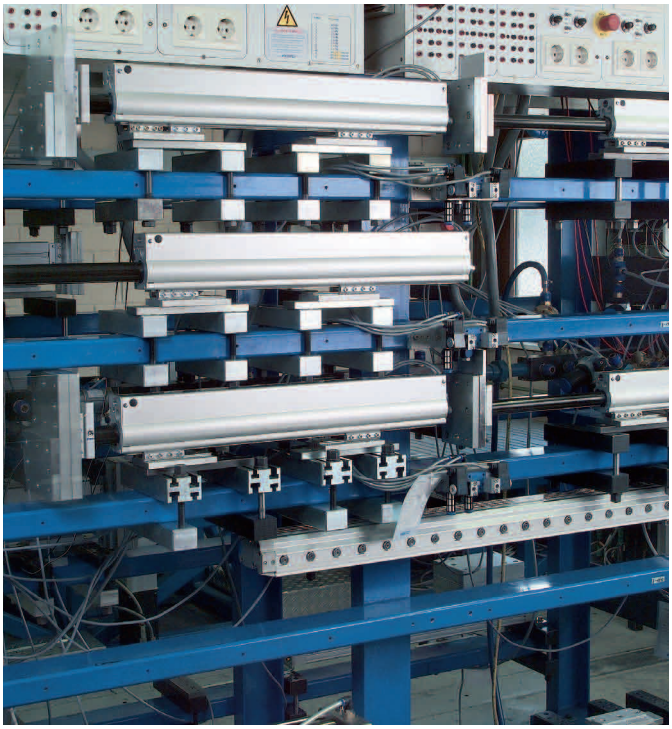
Una larga vida útil y la seguridad van de la mano
Para poder ofrecer una alta seguridad, productividad y calidad, Festo examina exhaustivamente todos sus productos desde la fase de desarrollo. Desde este instante Festo obtiene conocimientos que son necesarios para la optimización permanente de las funciones de producto. Así los productos de Festo ganan un plus en seguridad, calidad y rentabilidad.

Los valores característicos electrónicos se calculan de forma matemática o se toman de bancos de datos. Para determinar valores característicos de componentes neumáticos y mecánicos, Festo utiliza dos tipos de investigaciones a largo plazo:

- Ensayos de funcionamiento continuo
- Ensayos de vida útil

Gracias a los ensayos de vida útil se pueden determinar las indicaciones estadísticas acerca de la vida útil de los productos. En los ensayos de funcionamiento continuo se comprueba si el producto sigue funcionando después de un número definido de ciclos de conmutación o después de un determinado rendimiento.





Investigaciones a largo plazo de Festo

Ensayo de vida útil

- 7 piezas de ensayo como mínimo
- Se interrumpe si 5 de las 7 piezas de ensayo se han averiado
- Valoraciones estadísticas

Ensayo de vida útil (LDV)
Los ensayos de vida útil se realizan según ISO 19973 con un mínimo de siete piezas de ensayo de construcción idéntica, en las mismas condiciones. Normalmente estos ensayos se realizan de forma estandarizada a 23 °C y con 6 bar de presión.
El LDV se da por concluido en cuanto se haya averiado un número mínimo de piezas de ensayo. Si el ensayo es de siete piezas de ensayo tienen que averiarse por los menos cinco.

El resultado de los ensayos de vida útil son valores característicos de vida útil asegurados de forma estadística que se determinan según Weibull. Si se interrumpe el ensayo de vida útil sin averías se puede determinar el valor B_{10} mediante un procedimiento de estimación.
La realización y la evaluación de ensayos de vida útil se describen en la norma ISO 19973.

Ensayo de funcionamiento continuo

- 3 piezas de ensayo como mínimo
- Se interrumpe una vez transcurrido un tiempo predefinido
- Solo sirve para la autorización para la venta

Ensayo de funcionamiento continuo (FDV)
Durante la autorización para la venta, en los ensayos de funcionamiento continuo se realizan funcionamientos continuos con 3 piezas de ensayo de construcción idéntica bajo la misma carga. Estos ensayos también se realizan en las condiciones mín./máx. Se pueden interrumpir en cuanto se alcance un número de cambio de carga predefinido.

Condiciones de las pruebas

Ensayos de vida útil amparados en la ISO 19973

Condiciones generales de ensayo
Unas condiciones definidas son una condición previa indispensable para un desarrollo de ensayo reproducible. Para el aire comprimido son válidas las siguientes exigencias mínimas que pueden ser más estrictas en función del producto:

- Secado del aire comprimido utilizado en interiores con calefacción con un punto de condensación de 3 °C. El punto de condensación debe ser por lo menos 10 K inferior a la temperatura del fluido (según DIN-ISO 8573-1 clase 4 como mín.)
- Filtrado del aire comprimido con filtros superiores a 40 µm (DIN-ISO 8573-1 clase 5). Con aire comprimido sin lubrificar se permite un contenido de aceite de máx. 0,1 mg/m³ (DIN-ISO 8573-1 clase 1).
- Tratándose de aire a presión con aceite, la lubricación adicional no deberá superar los 25 mg/m³ (DIN-ISO 8573-1 clase 5).

Parámetros de ensayo

Válvulas	Actuadores lineales	Actuadores giratorios
Frecuencia de conmutación	Frecuencia de carrera	Frecuencia de giro
Volumen en la salida	Carga en el vástago	Carga en el eje de accionamiento
	Carrera	Ángulo de giro
	Velocidad de carrera	Velocidad angular
	Posición de montaje	Posición de montaje

Ensayos continuos de funcionamiento

Combinación de las condiciones de ensayo en el ejemplo “Válvulas” para ensayo de funcionamiento continuo

Presión*	Temperatura*		
	Baja	Mediana	Alta
Baja	-	FDV (3 piezas d ensayo)	-
Mediana	FDV (3 piezas d ensayo)	FDV (3 piezas d ensayo)	FDV (3 piezas d ensayo)
Alta	-	FDV (3 piezas d ensayo)	-

* depende de especificación del catálogo

El ensayo de vida útil solo se realiza a 23 °C y con 6 bar.

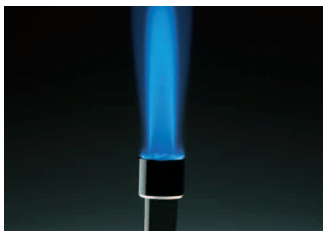
Evaluación de ensayo

Una descripción exacta del ensayo realizado es imprescindible para conseguir una valoración correcta del ensayo. Sin esa descripción el ensayo carece de valor, ya que ya no es comprensible. Los siguientes parámetros tienen que estar descritos:

- productos utilizados
- documentación y descripción de las condiciones de ensayo/prueba como presión, temperatura, carga adicional, frecuencia, etc.
- Establecer claramente las mediciones a realizar, como fugas, datos característicos de presión, etc y sus ciclos de medición y criterios de interrupción
- Determinación del valor de vida útil

En general se distingue entre los siguientes casos:

- Caso de supervivencia
  Una pieza de ensayo se puede considerar un superviviente si al final del ensayo cumple con la función deseada y no se superan los valores límite de los distintos criterios de interrupción.
- Avería parcial
  La pieza de ensayo todavía cumple su función, pero los criterios de interrupción, como por ejemplo, la fuga admisible, ya no se cumplen.
- Avería total
  El funcionamiento de la pieza de ensayo ya no está garantizado, por ejemplo, porque la válvula ya no conmuta, el cilindro ya no funciona, ...



Determinación de valores B_{10} según ISO 19973 para componentes neumáticos

Definición del valor B_{10}
El valor B_{10} representa el momento en el que por estadística se avería un 10 % de las piezas de ensayo.

Pero: un componente también puede fallar antes de alcanzar el valor B_{10}. La vida útil no puede garantizarse.

La base para la determinación de los valores B_{10} son los resultados de los ensayos a largo plazo con un mínimo de 7 piezas de ensayo.

El valor B_{10} puede usarse para la evaluación de seguridad, así como para el mantenimiento preventivo de instalaciones (TPM = Total Productive Maintenance).

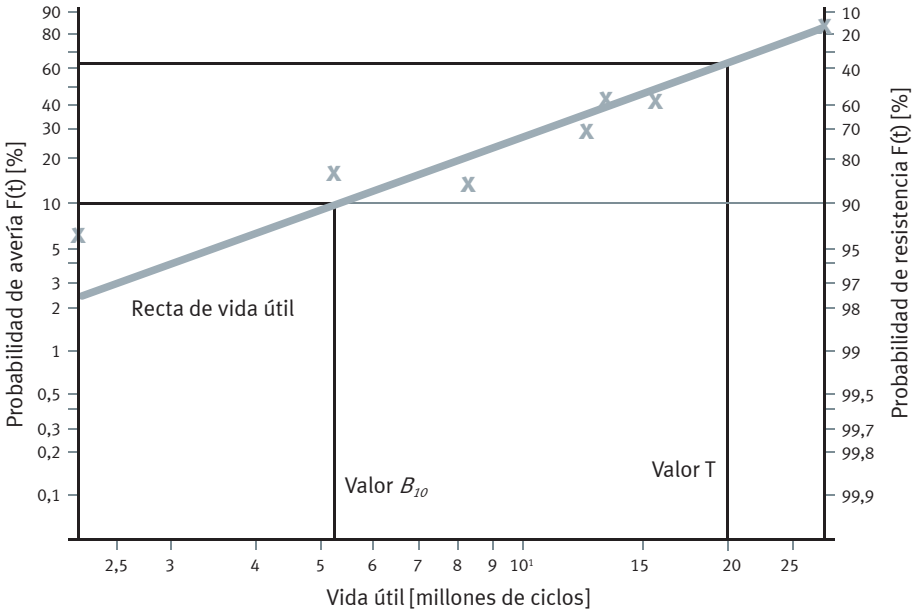
Averías peligrosas
Solo las averías peligrosas son relevantes en relación a la seguridad de las máquinas según ISO 13849-1.

Una avería es peligrosa dependiendo de la aplicación correspondiente. Si no es posible recopilar datos acerca del número de averías peligrosas o no están disponibles, la ISO 13849-1 establece en su anexo informativo que se puede suponer que una de cada dos averías es peligrosa. Por lo tanto: $B_{10d} = 2 \times B_{10}$

¿Para qué productos necesito un valor B_{10d}?
Para todos los productos que sufren desgaste mecánico, que se utilizan en piezas relacionadas con la seguridad de un sistema de mando. Además tienen que contribuir a la ejecución de la función de seguridad, como por ejemplo, válvulas o cartuchos de bloqueo.
Esto no es aplicable a racores, tubos flexibles, escuadras, sujeciones, etc. Los accionamientos tampoco forman, por norma general, parte de la función de seguridad y, por tanto tampoco necesitan ser evaluados.

¿Para qué productos necesito un valor $MTTF_d$?
Para todos los productos electrónicos que se utilizan en piezas relacionadas con la seguridad de un sistema de mando y que contribuyen directamente a ejecutar la función de seguridad, por ejemplo, sistemas de mando, nodos de bus de campo para la detección de situaciones peligrosas, por ejemplo, sensores en el canal de comprobación de categoría 2.

Comportamiento en caso de avería de los componentes mecánicos **λ > 1**



Nota
ver página 5

Valor Mean Time To Failure (MTTF) para productos electrónicos

- El MTTF es una característica estadística que se determina a través de ensayos y/o cálculos. No indica una vida útil garantizada ni un tiempo libre de averías.
- Para la determinación de valores MTTF de productos se indican distintos métodos en la norma DIN EN ISO 13849-1
- Unos se basan en cálculos con valores característicos, otros remiten a tablas y bancos de datos como, por ejemplo, la norma Siemens 29500.
- El valor $MTTF_d$ representa el tiempo de funcionamiento medio hasta que se dé una avería peligrosa.
- El valor $MTTF_d$ se puede emplear para cálculos relativos a la seguridad según ISO 13849.

Extracto de la tabla SN 29500 C.3: diodos, semiconductores de potencia y circuitos internos

Diodo	**Ejemplo**	**MTTF para componentes [Años]**	**$MTTF_d$ para componentes [Años]**		**Observaciones**
			típico	Caso menos favorable	
Aplicación general	–	114 155	228 311	22 831	50 % de averías peligrosas
Supresor de interferencias	–	15 981	31 963	3 196	50 % de averías peligrosas
Diodos de rectificador	–	114 155	228 311	22 831	50 % de averías peligrosas
Puentes de rectificador	–	57 078	114 155	11 416	50 % de averías peligrosas
Tiristores	–	11 415	22 831	2 283	50 % de averías peligrosas
Triacs, Diacs	–	1 484	2 968	297	50 % de averías peligrosas
Circuitos integrados (programables y no programables)	Emplear datos del fabricante				50 % de averías peligrosas

Cálculo del valor MTTF de un módulo

Si se conocen todos los valores MTTF de un módulo, estos pueden convertirse en un valor MTTF total. Los cálculos se basan en el “método de recuento de partes”.

La ecuación general es la siguiente:

$$\frac{1}{MTTF_d} = \sum_{i=1}^{N} \frac{1}{MTTF_{di}} = \sum_{j=1}^{N} \frac{n_j}{MTTF_{dj}}$$

El “método de recuento de partes” es una aproximación cuya desviación siempre está del lado seguro.

Conversión de un valor B_{10} en un valor $MTTF_d$

Ejemplo práctico “Cálculo de los valores $MTTF_d$ para componentes de valores B_{10}”
Se ha determinado un valor B_{10} de 30 millones de ciclos de conmutación para una válvula neumática. La válvula se emplea en dos turnos al día durante 220 días laborables al año. Se presupone un tiempo de ciclo de 5s de media.

d_{op}	= 220 días/año	(tiempo operativo medio en días por año)
h_{op}	= 16 h/día	(tiempo operativo medio en horas por día)
t_{ciclo}	= 5 s/ciclo	(tiempo medio entre el inicio de dos ciclos en s/ciclo)
B_{10d}	= 60 millones de ciclos,	

Presuposición: $B_{10d} = 2 \times B_{10}$

Con estos datos se pueden calcular los siguientes valores según DIN EN 13849-1:

$$n_{op} = \frac{d_{op} \times h_{op} \times 3600\,\frac{s}{h}}{t_{ciclos}} = \frac{220\,\frac{d}{a}\,16\,\frac{h}{d} \times 3600\,\frac{s}{h}}{5\,\frac{s}{ciclos}} = 2{,}53 \times 10^6\,\frac{ciclos}{año}$$

$$T_{10d} = \frac{B_{10d}}{n_{op}} = \frac{60 \times 10^6\ ciclos}{2{,}53 \times 10^6\,\frac{ciclos}{año}} = 23{,}7\ años$$

$$MTTF_d = \frac{B_{10d}}{0{,}1 \times n_{op}} = \frac{60 \times 10^6\ ciclos}{2{,}53 \times 10^6\,\frac{ciclos}{año}} = 237\ años$$

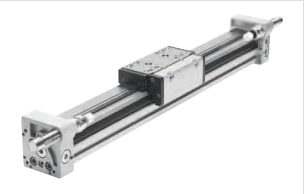
Así, resulta un valor $MTTF_d$ de 237 años para el componente.

Indicaciones de vida útil de rodamientos

La vida útil esperada de rodamientos depende de la situación de carga específica de una aplicación.
Para realizar un dimensionamiento óptimo y por lo tanto, obtener una rentabilidad máxima, es necesario tratar cada aplicación de forma individual. Esto también es aplicable a la interrogativa de la vida útil esperada de un rodamiento en el marco de conceptos de mantenimiento preventivo.

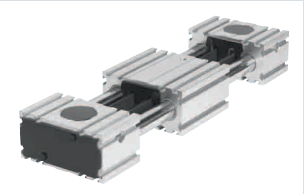
Los productos de Festo con rodamientos están concebidos y probados para el punto de funcionamiento nominal y una vida útil de 5000 km.

Festo emplea como elementos de rodamiento, por ejemplo, guías de rodamiento de bolas, guías de jaula de bolas y guías de rodillos para accionamientos neumáticos y electromecánicos. Con accionamientos electromecánicos se emplean, adicionalmente, husillos de rodamientos que se rigen por el mismo comportamiento que los rodamientos y las guías de rodamientos.



Eje pórtico neumático con guía de perfil

Minicarro neumático con guía de jaula de bolas



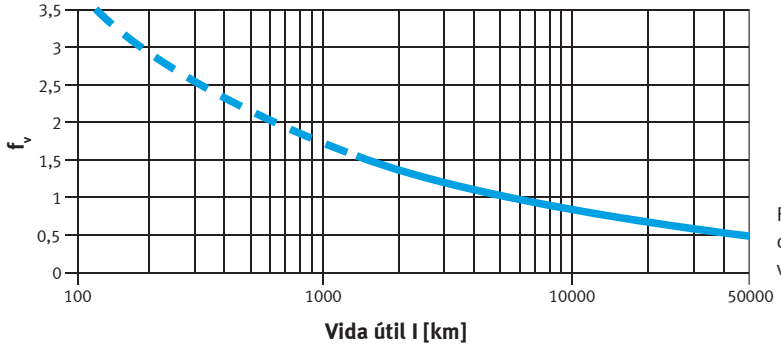
Eje electromecánico accionado por correa dentada con Guía con rodamiento de bolas

Eje electromecánico con guía de perfil y husillo de rodamiento de bolas

Relación carga-vida útil
Como se ha descrito anteriormente, la vida útil de un rodamiento depende de la carga específica.

Para estimar aproximadamente la vida útil de la guía, se muestra en el siguiente diagrama el factor de carga f_v y su relación con la vida útil.

El factor f_v resulta, de esta forma, de la relación entre la carga nominal de un rodamiento y su carga real.



Factor comparativo de carga f_v en función de la vida útil

Ejemplo de cálculo
Un usuario quiere desplazar una masa de X kg con un eje de pórtico neumático.
Realizando el cálculo con la fórmula para el valor comparativo de carga f_v para guías de rodamientos, resulta un valor de 1,5 para f_v. Según el diagrama, la guía tiene una vida útil de 1500 km

Fórmula para el valor comparativo de carga f_v para guías de rodamientos

$$f_v = \frac{|F_{y,dyn}|}{F_{y,max}} + \frac{|F_{z,dyn}|}{F_{z,max}} + \frac{|M_{x,dyn}|}{M_{x,max}} + \frac{|M_{y,dyn}|}{M_{y,max}} + \frac{|M_{z,dyn}|}{M_{z,max}}$$

Fórmula para el valor comparativo de carga f_v para guías de rodamientos

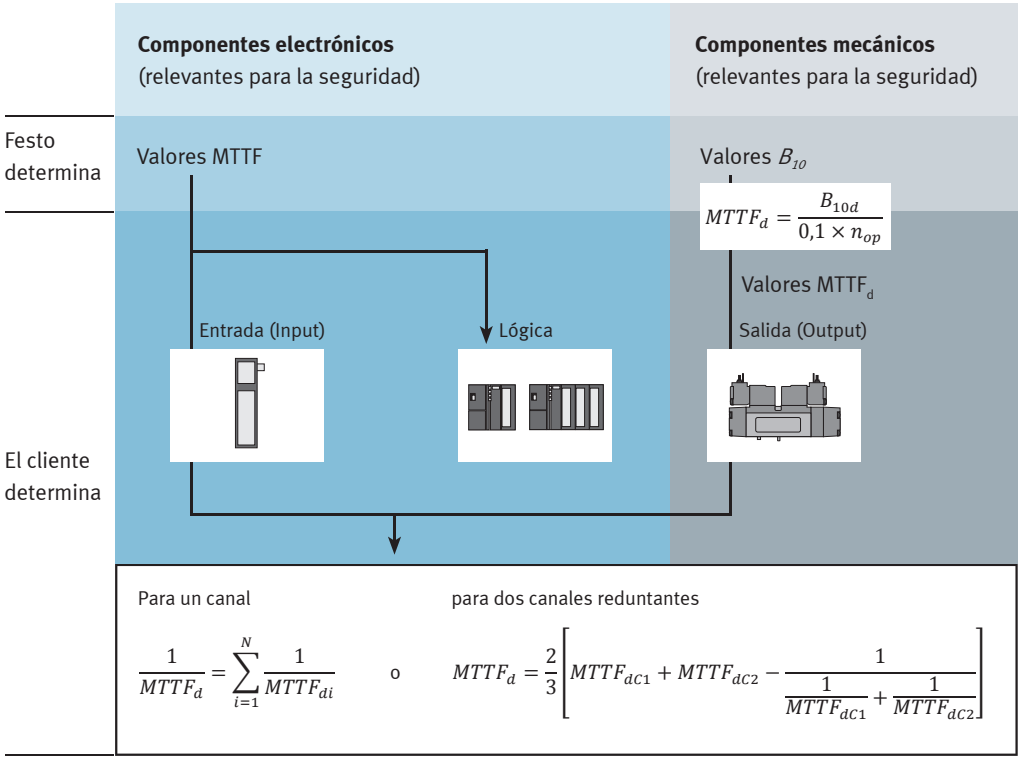
Émbolo Ø	8	12	18	25	32	40	50	63
$F_{y,max}$	300	650	1 850	3 050	3 310	6 890	6 890	15 200
$F_{z,max}$	300	650	1 850	3 050	3 310	6 890	6 890	15 200
$M_{x,max}$	1,7	3,5	16	36	54	144	144	529
$M_{y,max}$	4,5	10	51	97	150	380	634	1 157
$M_{z,max}$	4,5	10	51	97	150	380	634	1 157

Nota
Los datos de carga nominal de rodamientos, normalmente son determinados por Festo para una vida útil de 5000 km de funcionamiento.
Los 5000 km de funcionamiento no representan ningún valor B_{10} con la probabilidad de resistencia correspondiente, sino que deben cumplir al 100 % los criterios de ensayo en el marco del ensayo de funcionamiento continuo.
Los valores B_{10} de los rodamientos para las cargas nominales son claramente superiores al funcionamiento nominal de 5000 km.

Seguridad de máquinas y determinación del valor MTTF para funciones de seguridad

Las máquinas deben fabricarse de tal manera que personas, animales, bienes materiales y el medio ambiente no sufran daños. Al utilizar productos en circuitos orientados a la seguridad es necesario determinar la reducción de riesgo.
La norma EN ISO 13849-1 determina cómo de alta es la reducción de riesgo de una función de seguridad. Para poder realizar esta valoración, es necesaria información cualitativa acerca de los componentes empleados: el valor MTTF para componentes electrónicos y el valor B_{10} para componentes mecánicos.

Al tratar los aspectos de seguridad es necesario tener en cuenta que, al contrario que en el cálculo de Total Productive Maintenance, solo se deben incluir los componentes que son relevantes para la seguridad.

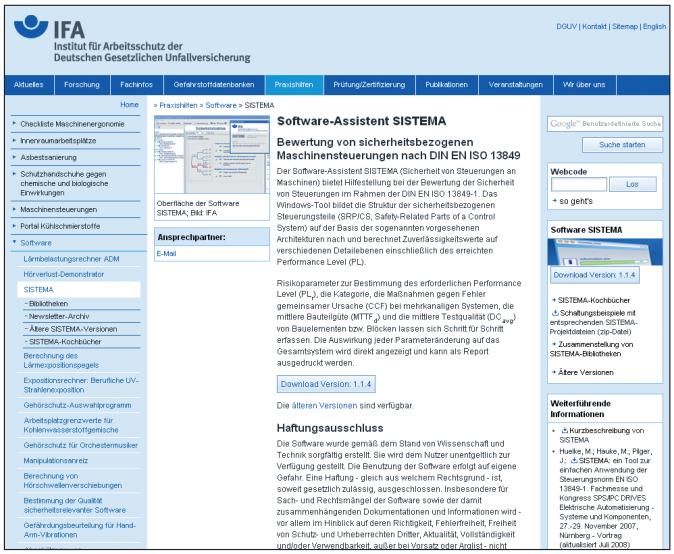


El Mean Time To Failure dangerous ($MTTF_d$) para la función de seguridad total se calcula primero para cada canal redundante de forma individual. A continuación, se calcula un valor $MTTF_d$ total a partir de los valores de los dos canales. Este valor está expresado en años y es un valor cualitativo de la función de seguridad. El valor MTTF de la medida de seguridad técnica según la norma DIN EN 13849-1 está dividido en tres niveles: bajo, medio y alto.

Evaluación	$MTTF_d$
Baja	3 años ≤ $MTTF_d$ < 10 años
Media	10 años ≤ $MTTF_d$ < 30 años
Alta	30 años ≤ $MTTF_d$ < 100 años

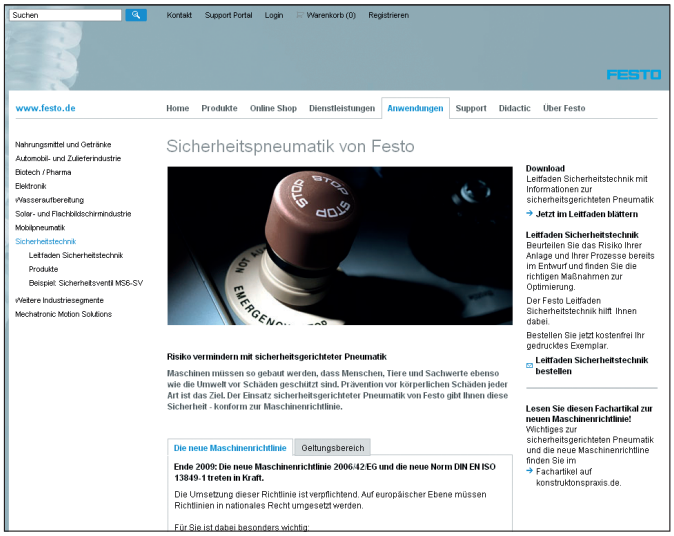
Fuente: DIN EN ISO 13849-1, capítulo 4.5.2

Valores relativos a la seguridad: biblioteca de Sistema



Sistema: el software del Instituto alemán de seguridad ocupacional (IFA)
El asistente SISTEMA (seguridad de sistemas de mando de máquinas) ofrece ayuda para valorar la seguridad de sistemas de mando en conformidad con la Norma DIN EN ISO 13849-1. La herramienta de Windows muestra la estructura de las partes de los sistemas de mando relativas a la seguridad (SRP/CS, Safety-Related Parts of a Control System). Para la función de seguridad se pueden calcular niveles en distintas secciones parciales del rendimiento. El software se puede descargar de manera gratuita en el siguiente enlace:
www.dguv.de/ifa/de/pra/softwa/sistema/index.jsp

www.festo.com/sicherheitstechnik
www.festo.com/safety



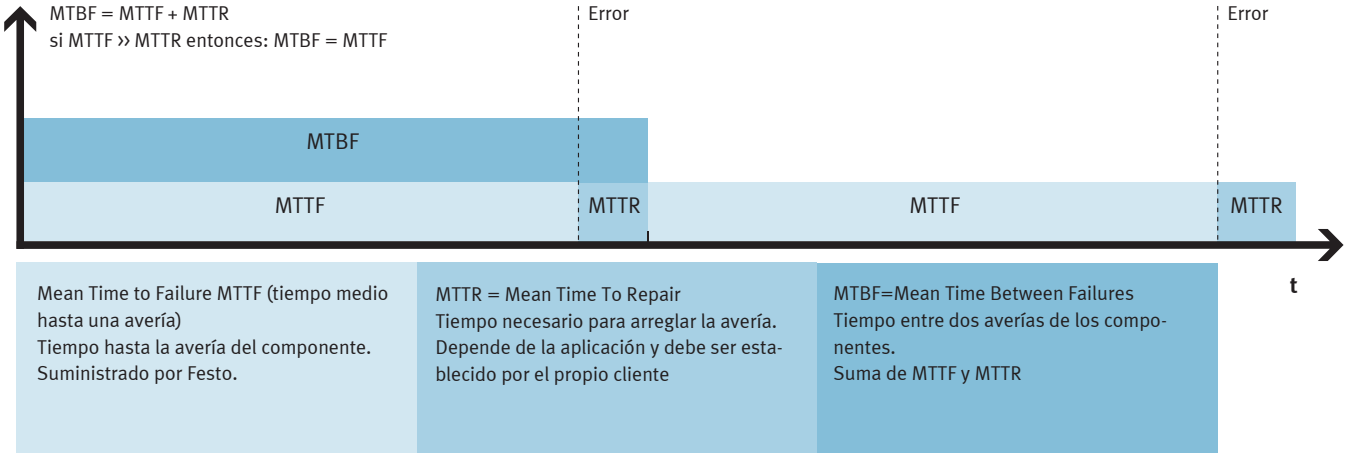
Biblioteca del software Sistema de Festo
El software Sistema es simplemente una herramienta concebida para realizar evaluaciones relativas a la seguridad. Para ello se utilizan los bancos de datos con indicaciones relativas a la seguridad de productos y soluciones.
En la página web del IFA hay una gran cantidad de enlaces a bibliotecas.
La biblioteca de los valores relativos a la seguridad de Festo puede descargarse en la página de web de Festo:

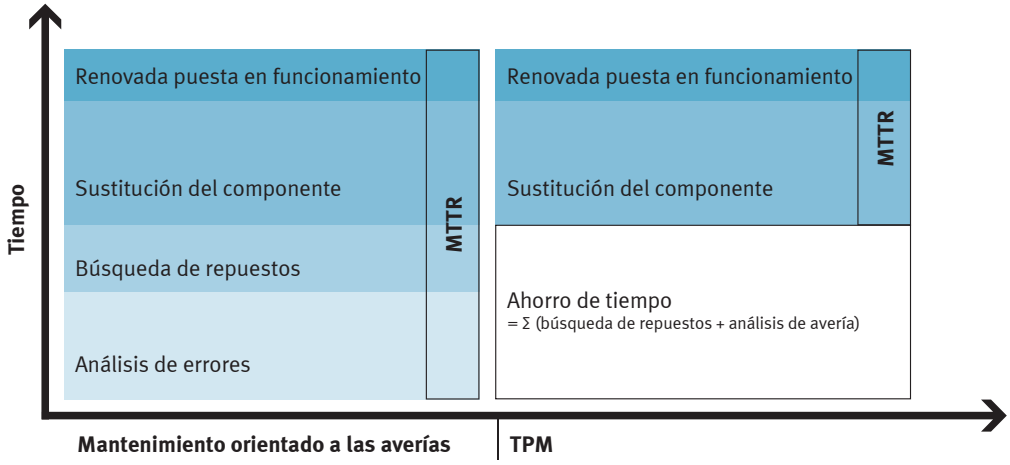
Mantenimiento orientado a las averías vs. mantenimiento preventivo (TPM)

En comparación con métodos de mantenimiento convencionales, TPM ofrece una clara reducción de tiempo, lo que implica una reducción de gastos. En el mantenimiento orientado a la avería, no se actúa hasta que una instalación de averíe.

En TPM, en cambio, se prepara a conciencia una sustitución y se incluye la parada de la instalación en la planificación o la sustitución se lleva a cabo de tal manera que afecte lo menos posible a la fabricación.

Una diferencia importante en cuanto a la técnica de seguridad es que para el TPM se tienen en cuenta todos los componentes que pueden llevar a la parada de la instalación. Para la técnica de seguridad, en cambio, solo se consideran los componentes cuya avería representa un riesgo para las personas, la máquina o el medioambiente.





El ahorro de tiempo puede ser variable. La búsqueda de repuestos, por ejemplo, depende de si las piezas ya están disponibles en el almacén o si aún hay que pedirlas.

Posibles paradas de la producción por averías inesperadas también significan grandes pérdidas de tiempo y gastos elevados.

Total Productive Maintenance TPM

El objetivo de TPM como concepto, es reducir las paradas no planeadas de su instalación a través de un mantenimiento planificado.

De esta forma se aplica al mundo laboral el viejo lema de la medicina “más vale (y es más barato) prevenir que curar”.

El objetivo de esta estrategia es aumentar la disponibilidad de máquinas e instalaciones de forma sistemática.

Para aplicar las medidas se necesitan valores característicos, como pro ejemplo, valores B_{10} o MTTF para funciones de máquinas y componentes.

Festo suministra esta información y estos valores para poder determinar los índices TPM.

Total Productive Maintenance

Eliminación de los problemas más destacados	Mantenimiento autónomo	Mantenimiento planificado	Mantenimiento preventivo	Formación y entrenamiento
• Eliminación específica para cada aplicación de los 6 tipos de pérdidas	• Limpieza independiente, mantenimiento y pequeñas reparaciones por parte de los operarios	• Garantización de una disponibilidad de las instalaciones del 100 %.	• Consideración de aspectos de mantenimiento y accesibilidad de las instalaciones ya durante la planificación y el pedido. • Festo suministra los valores de vida útil necesarios	• Cualificación de los operarios adaptada a las necesidades • Entrenamientos de Festo Didactic

Bibliografía. Publicaciones para profundizar el tema.

[1] Europäisches Parlament, “Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG (Neufassung),” Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, vol. 49, no. 157, pp. 24-81, June 2006.
[2] NFPA 79: Electrical Standard for Industrial Machinery. Quincy, 2012.
[3] Michael Dorra and Dietmar Reinert, “European Project STSARCES. Final Report WP 2.1: Quantitative Analysis of Complex Electronic Systems using Fault Tree Analysis and Markov Modelling,” St. Augustin, 2000.
[4] A. Barner, J. Bredau, and F. Schiller, “Efficient Fault Detection in Safety-Related Pneumatic Control by Conceptual Encapsulation,” in 7th IFAC Symposium on Fault Detection, Supervision and Safety of Technical Processes, Barcelona, 2009.
[5] Michael Blum, Effizienter Sicherheitsnachweis für mechatronische Systeme.: Dissertation TU München, 2010.
[6] Frank Schiller, Sicherheit und Zuverlässigkeit in der Automatisierung. München: Vorlesungsskript TU München, SS 2010.
[7] William M. Goble and Harry Cheddie, Safety Instrumented Systems Verification: Practical Probabilistic Calculations. Research Triangle Park, NC, USA: ISA, 2004.
[8] DIN EN ISO 13849-1: Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen – Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze. Berlin: Beuth, 2008.
[9] DIN EN ISO 13849-2: Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen – Teil 2: Validierung. Berlin: Beuth, 2008.
[10] Bernd Bertsche and Gisbert Lechner, Zuverlässigkeit im Fahrzeug- und Maschinenbau. Ermittlung von Bauteil- und Systemzuverlässigkeiten. Berlin: Springer Verlag, 2004.
[11] Arno Meyna and Bernhard Pauli, Taschenbuch der Zuverlässigkeits- und Sicherheitstechnik. Quantitative Bewertungsverfahren. München: Hanser Verlag, 2003.
[12] W. Vesely, J. Dugan, J. Fragola, J. Minarick, and J. Railsback, Fault Tree Handbook with Aerospace Applications. Washington, DC: NASA, 2002.
[13] DIN EN 61025: Fehlzustandsbaumanalyse. Berlin: Beuth, 2007.
[14] DIN 25424-1: Fehlerbaumanalyse - Teil 1: Methode und Bildzeichen. Berlin: Beuth, 1981.
[15] DIN 25424-2: Fehlerbaumanalyse- Teil 2: Handrechenverfahren zur Auswertung eines Fehlerbaumes. Berlin: Beuth, 1990.
[16] FN 942019: Statistische Auswertung (Langzeituntersuchungen). Esslingen: Werksnorm Festo AG & Co. KG.
[17] DIN EN 61508-3: Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme - Teil 3: Anforderungen an Software. Berlin: Beuth, 2011.
[18] DIN EN 61508-5: Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme - Teil 5: Beispiele zur Ermittlung der Stufe der Sicherheitsintegrität (safety integrity level). Berlin: Beuth, 2011.
[19] DIN EN 62061: Sicherheit von Maschinen - Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer, elektronischer und programmierbarer elektronischer Steuerungssysteme. Berlin: Beuth, 2005.
[20] DIN EN ISO 4414: Fluidtechnik - Allgemeine Regeln und sicherheitstechnische Anforderungen an Pneumatikanlagen und deren Bauteile. Berlin: Beuth, 2011.
[21] DIN EN ISO 12100: Sicherheit von Maschinen – Allgemeine Gestaltungsleitsätze – Risikobeurteilung und Risikominderung. Berlin: Beuth, 2011.
[22] DIN EN 60300-3-4: Zuverlässigkeitsmanagement - Teil 3-4: Anwendungsleitfaden - Anleitung zum Festlegen von Zuverlässigkeitsforderungen. Berlin: Beuth, 2008.
[23] Alexander Wohlers, “Dichtungen in der Fluidtechnik. Grundkenntnisse in der Dichtungstechnik vermeiden Fehlkonstruktionen.,” O+P Konstruktions-Jahrbuch 2006/2007, pp. 2-11.
[24] VDMA 24578: Fluidtechnik - Umsetzung der DIN EN ISO 13849 - Anforderungen an Pneumatikhersteller und -anwender. Frankfurt am Main, 2009.
[25] Holger Wilker, Weibull-Statistik in der Praxis. Norderstedt: Books on Demand, 2004, vol. 3., Leitfaden zur Zuverlässigkeitsermittlung technischer Produkte.
[26] DIN EN 13906-1: Zylindrische Schraubendruckfedern aus runden Drähten und Stäben - Berechnung und Konstruktion - Teil 1: Druckfedern. Berlin: Beuth, 2002.

[27] ISO 19973-1: Pneumatic fluid power - Assessment of component reliability by testing - General procedures. Geneva: ISO, 2007.
[28] ISO 19973-2: Pneumatic fluid power - Assessment of component reliability by testing - Part 2: Directional control valves. Genf: ISO, 2007.
[29] ISO 19973-3: Pneumatic fluid power - Assessment of component reliability by testing - Part 3 Cylinders with piston rod. Genf: ISO, 2007.
[30] ISO 19973-4: Pneumatic fluid power - Assessment of component reliability by testing - Part 4 Pressure Regulators. Genf: ISO, 2007.

.com.ar
.at
.com.au
.be
.bg
.com.br
.by
.ca
.ch
.cl
.cn
.co
.cz
.de

Festo worldwide

www.festo.com

.dk
.ee
.es
.fi
.fr
.gr
.hk
.hr
.hu
.co.id
.ie
.co.il
.in
.ir
.it
.jp
.kr
.lt
.lv
.mx
.com.my
.nl
.no
.co.nz
.pe
.ph
.pl
.pt
.ro
.ru
.se
.sg
.si
.sk
.co.th
.com.tr
.tw
.ua
.co.uk
.us
.co.ve
.vn
.co.za

142096 es 2013/09