Guía de máquinas seguras

MÁQUINAS SEGURAS CON SICK EN TAN SOLO SEIS PASOS

SICK
Sensor Intelligence.

Máquinas seguras con SICK en tan solo seis pasos

8014605/2015-07-07
Sujeto a cambio sin previo aviso

Unas máquinas seguras aportan seguridad legal al fabricante y al empresario. Los usuarios de las máquinas exigen que solo se comercialicen máquinas o aparatos seguros. Es así en todo el mundo. Igualmente, existen regulaciones en todo el mundo que velan por la seguridad de las personas frente a las máquinas. Estas regulaciones han sido acuñadas de modo distinto en función de la región. Sin embargo, existe un amplio consenso sobre el procedimiento presentado en la página anterior para la fabricación y el reequipamiento de máquinas:
En la fabricación de sus máquinas, el fabricante debe identificar y valorar todos los peligros y puntos de peligro posibles mediante una evaluación de riesgos (lo que antes se conocía como análisis de peligros).
Basándose en esta evaluación, el fabricante de la máquina debe eliminar o reducir este riesgo con medidas constructivas apropiadas. Si no puede eliminarse el riesgo con estas medidas o no puede tolerarse el riesgo todavía existente, el fabricante de la máquina debe seleccionar y aplicar dispositivos de protección apropiados y, dado el caso, informar sobre los riesgos que todavía puedan existir.
Para garantizar que las medidas previstas tengan el efecto deseado, se precisa una validación general. Esta validación debe evaluar tanto las medidas constructivas y técnicas como las organizativas en un mismo contexto.

Le explicamos en seis pasos cómo construir máquinas seguras. En la página izquierda se muestra el procedimiento.

Acerca de este manual

¿Qué contiene?
Tiene ante usted un manual completo sobre los fundamentos legales que se aplican a las máquinas y la selección y aplicación de dispositivos de protección. Basándonos en las directivas, disposiciones y normas europeas en vigor, le ofrecemos distintas posibilidades de proteger las máquinas y evitar accidentes personales. Los ejemplos e indicaciones que encontrará en este manual son el resultado de nuestra dilatada experiencia y deben considerarse como casos típicos.
Este manual describe los requisitos legales para las máquinas en la Unión Europea y su aplicación. Los requisitos legales para las máquinas en otras regiones (p. ej.Norteamérica y Asia) se describen en versiones específicas de este manual.
Los contenidos siguientes no pueden dar lugar a reclamaciones de ningún tipo, independientemente de su fundamento jurídico, puesto que, dada la existencia de disposiciones y normas nacionales e internacionales, cada máquina requiere una solución específica.
Fundamentalmente nos remitimos a las normas y directivas actuales y publicadas en el momento de la edición. En el caso de nuevas normas que también permitan la aplicación de la norma anterior durante una etapa de transición, se ha indicado en el capítulo correspondiente.

¿A quién va dirigido?
Este manual va dirigido a fabricantes, operarios, constructores, montadores de instalaciones y a todos los responsables de la seguridad de las máquinas. (para facilitar la legibilidad, en adelante emplearemos principalmente las formas masculinas)

El Equipo de Redacción

De izquierda a derecha: Max Dietrich, Rolf Schumacher, Doris Lilienthal, Harald Schmidt, Hans-Jörg Stubenrauch, Otto Görnemann , Matthias Kurrus (no presente)

→ Hemos marcado las referencias a normascomplementarias e información adicional con una flecha.

Seguridad en el proceso de trabajo

Los requisitos para la seguridad de las máquinas han experimentado cambios cada vez más importantes con el avance de la automatización. En otros tiempos, los sistemas de protección dentro del proceso de trabajo se consideraban más bien un estorbo, por lo que, a menudo, se prescindía completamente de ellos.
Mediante innovadoras técnicas se consiguió integrar dispositivos de protección en el proceso. De esta manera, ya no representan una molestia para el operador, sino que incluso mejoran la productividad.

Por este motivo, hoy en día el proceso de trabajo no se entiende sin dispositivos de protección integrados y fiables.

La seguridad es una necesidad básica

La seguridad es una necesidad básica de la persona. Los estudios demuestran que las personas que están expuestas de manera permanente a situaciones de estrés son más propensas a sufrir enfermedades psicosomáticas. Aunque las personas pueden adaptarse a largo plazo a situaciones extremas, estas les suponen una gran carga.
Por esta razón nos planteamos el siguiente objetivo: **los operadores y el personal de mantenimiento deben poder confiar en la seguridad de una máquina.**

No obstante, a menudo se piensa que más “seguridad” comporta una menor productividad. En realidad, es todo lo contrario.
Cuanto mayor es el grado de seguridad, mayor es la motivación y la satisfacción y, por tanto, la productividad.

La seguridad es una responsabilidad de la dirección

Los directivos de la industria deben velar por sus empleados y por una producción rentable y sin incidencias. Solo si la dirección da ejemplo en el día a día de su concienciación sobre la seguridad, se conseguirá la implicación de los empleados.
Por lo tanto, para mejorar la sostenibilidad, los expertos reclaman una “cultura de la seguridad” en un sentido amplio dentro de las empresas. Y no les faltan motivos, porque nueve de cada diez accidentes se deben a un error humano.

La implicación de los empleados supone una mayor aceptación

Es esencial que se tengan en cuenta las necesidades de los operadores y el personal de mantenimiento al planificar conceptos. La aceptación necesaria solo se consigue con un concepto de seguridad inteligente y adaptado al proceso de trabajo y el personal.

El papel de los expertos

La seguridad de las máquinas depende en gran medida de la correcta aplicación de directivas y normas. En Europa se han aproximado las legislaciones nacionales mediante directivas europeas, p. ej., la Directiva de máquinas.
Estas directivas describen requisitos generales que se concretan en normas. Es frecuente que las normas europeas se acepten también fuera de Europa.
Para implementar adecuadamente todos estos requisitos, se precisan los amplios conocimientos de un experto con una dilatada experiencia en su aplicación.

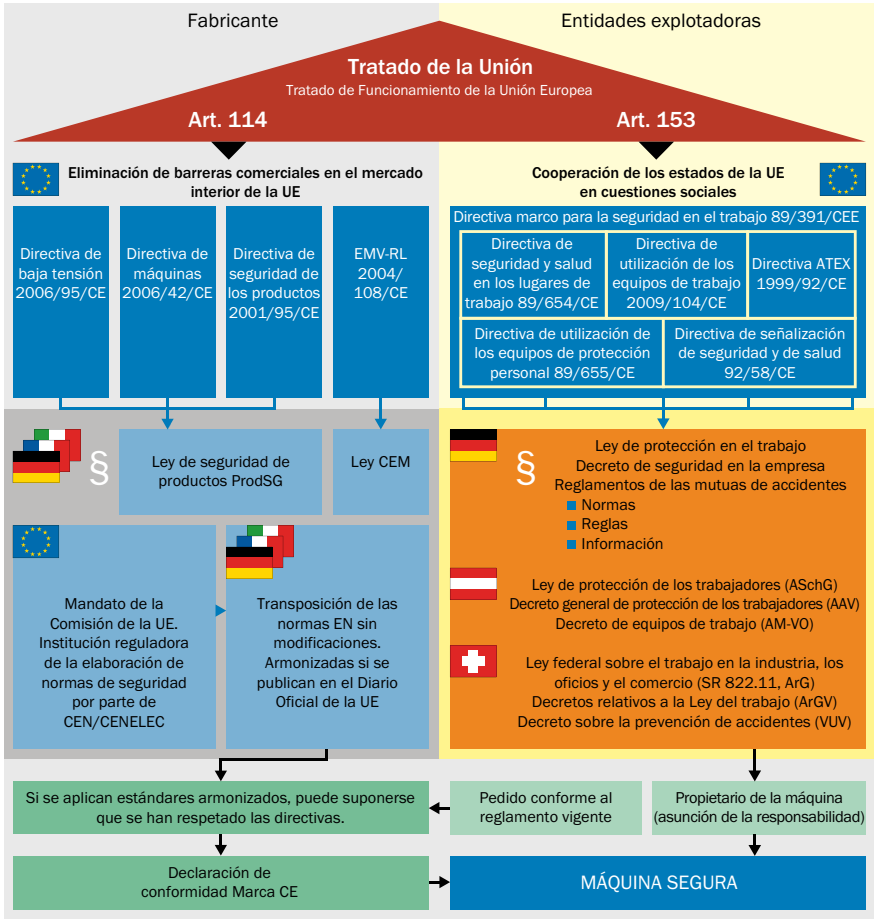
8014605/2015-07-07
Sujeto a cambio sin previo aviso

Directivas europeas

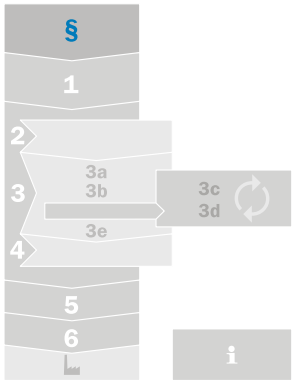
Uno de los principios fundamentales de la Unión Europea es la protección de la salud de sus ciudadanos, tanto en su vida privada como profesional. Otra es la creación de un mercado único con libre circulación de mercancías.
De acuerdo al Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea, para cumplir simultáneamente los objetivos de la libre circulación de mercancías y la protección de los ciudadanos, la Comisión de la Unión Europea y el Consejo de la Unión Europea han adoptado varias directivas.

Los Estados miembros deben trasladarlas en leyes nacionales. Las directivas definen objetivos y requisitos esenciales y se han formulado de una manera lo más neutral posible en lo que respecta a los aspectos tecnológicos. En el ámbito de la seguridad de las máquinas y la protección laboral, se publicaron las siguientes Directivas:

- Directiva de máquinas, dirigida a los fabricantes de máquinas
- Directiva de utilización de los equipos de trabajo, dirigida a los operadores de máquinas
- Otras directivas adicionales, como la Directiva de baja tensión, de compatibilidad electromagnética o ATEX



➜ Las directivas están disponibles gratuitamente, p. ej., en eur-lex.europa.eu



En este capítulo ...

§

Las directivas y normas europeas rigen para los fabricantes y comercializadores de máquinas que abastecen el espacio económico europeo.

Directiva de máquinas

La Directiva de máquinas 2006/42/CE va dirigida a los fabricantes y comercializadores de máquinas y componentes de seguridad. Establece las actuaciones necesarias para el cumplimiento de los requisitos de salud y seguridad en máquinas nuevas, para eliminar barreras comerciales dentro de Europa y garantizar a los usuarios y operadores un alto grado de salud y seguridad.
Rige para la fabricación de máquinas y para componentes de seguridad comercializados por separado, pero también para máquinas usadas y aparatos de terceros países que se comercializan por primera vez en el espacio económico europeo (p. ej., de EE. UU. o Japón).

- En 1989, el Consejo de la Comunidad Europea adoptó la Directiva relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas, que se conoció como Directiva de máquinas (89/392/CEE).
- Esta Directiva debía aplicarse en todos los Estados miembros de la UE a partir de 1995.
- En 1998 se refundieron diferentes modificaciones en la Directiva de máquinas (98/37/CE) actualmente en vigor.
- En 2006 se adoptó una “nueva Directiva de máquinas” (2006/42/CE) que reemplaza a la versión anterior y cuya aplicación en todos los Estados miembros de la UE solo es vinculante a partir del 29/12/2009.

Desde el 29/12/2009 solo debe aplicarse la Directiva de máquinas (2006/42/CE).

La Directiva de máquinas se aplicó en los países de habla alemana como sigue:
- Alemania: Noveno reglamento (Reglamento de máquinas/9. ProdV) relativo a la Ley de seguridad de los productos (ProdSG) del 8/11/2011
- Suiza: Ley federal sobre la seguridad de los productos (PrSG) del 12 de junio de 2009 y Reglamento sobre la seguridad de las máquinas (Reglamento de máquinas) del 2 de abril de 2008
- Austria: Ley federal sobre protección contra productos peligrosos (Ley de seguridad de los productos 2004 [PSG 2004]) y Reglamento de seguridad de las máquinas 2010

Los Estados miembros no deben prohibir, restringir u obstaculizar la puesta en marcha de máquinas o componentes de seguridad que sean conformes a la Directiva de máquinas. Por lo tanto, tampoco deben fijar unos requisitos de calidad más estrictos mediante leyes, reglamentos o normas nacionales.

8014605/2015-07-07
Sujeto a cambio sin previo aviso

Directiva de utilización de los equipos de trabajo

Las obligaciones del empresario se regulan en la Directiva de utilización de los equipos de trabajo. Esta rige para la utilización de máquinas y aparatos en el puesto de trabajo. El objetivo de la Directiva es conseguir que se cumplan unas disposiciones mínimas en la utilización de los equipos de trabajo, a fin de mejorar la seguridad y la salud. Todos los países miembros pueden añadir sus propios requisitos nacionales: por ejemplo, en lo que respecta a la comprobación de equipos de trabajo, intervalos de servicio o mantenimiento, utilización de equipos de protección individual, configuración del puesto de trabajo, etc. Los requisitos de la Directiva de utilización de los equipos de trabajo, así como los requisitos y las normas industriales nacionales, se agrupan a su vez en leyes nacionales.

- Alemania: Ley sobre la protección en el trabajo (ArbSchGes), Reglamento sobre la seguridad en las empresas (BetrSichV)
- Suiza: Ley federal sobre el trabajo en la industria, los oficios y el comercio (SR 822.11, ArG)
- Austria: Ley de protección de los trabajadores (ASchG)

➜ Directiva de utilización de los equipos de trabajo 2009/104/CE: eur-lex.europa.eu

¿Qué obligaciones tienen los fabricantes de máquinas?

Fabricar máquinas seguras

Los fabricantes están obligados a fabricar sus máquinas de manera que cumplan los requisitos esenciales de salud y seguridad de la Directiva de máquinas. Asimismo, los fabricantes deben tomar en consideración la integración de la seguridad ya durante el propio proceso de construcción de la máquina. En la práctica, esto significa que los constructores deben llevar a cabo una evaluación de riesgos durante la fase de desarrollo de la máquina. Las medidas resultantes pueden aplicarse directamente en la fabricación. Los pasos 1 a 5 de este manual describen detalladamente el procedimiento a seguir.

Elaborar el expediente técnico

El fabricante de máquinas debe elaborar un expediente técnico de construcción de acuerdo a lo especificado en el Anexo VII de la Directiva de máquinas. Este expediente técnico...

- debe incluir todos los planos, notas de cálculo, informes de pruebas y documentos pertinentes para el cumplimiento de los requisitos esenciales de seguridad y salud de la Directiva de máquinas.
- debe conservarse durante un plazo mínimo de diez años a partir del último día de fabricación de la máquina (o del tipo de máquina).
- debe presentarse a las autoridades en respuesta a un requerimiento debidamente justificado.

Redactar un manual de instrucciones de uso

El fabricante de máquinas debe redactar un manual instrucciones de uso, el llamado “manual de instrucciones de uso original”. Con todas las máquinas debe adjuntarse un manual de instrucciones de uso en la lengua oficial del país en el que se utilizará. Este manual de instrucciones de uso debe ser o bien el manual de instrucciones de uso original o bien una traducción del mismo. En este último caso, debe adjuntarse también el manual de instrucciones de uso original. Se considera manual de instrucciones de uso original – independientemente del idioma – a todos los manuales de instrucciones de uso que publique el fabricante de máquinas.

Indicación: de la Directiva de máquinas no puede derivarse ninguna obligación por parte del fabricante de proporcionar el expediente técnico completo al comprador (usuario) de la máquina.

§

Expedir la declaración de conformidad

Si el fabricante ha fabricado su máquina de manera adecuada, debe confirmar el cumplimiento vinculante de estos requisitos expidiendo una declaración de conformidad y marcando la máquina (marcado CE). Hecho esto, la máquina ya puede comercializarse en el espacio económico europeo.

La Directiva de máquinas detalla el procedimiento completo de la evaluación de conformidad. Hay que diferenciar entre dos procedimientos según las máquinas (➜ "El procedimiento de evaluación de la conformidad CE de las máquinas y de los componentes de seguridad" ➜ §-6)

- Procedimiento estándar: las máquinas que no se mencionan explícitamente en el Anexo IV de la Directiva de máquinas están sujetas al procedimiento normal. Deben cumplirse los requisitos descritos en la sección "Requisitos esenciales de seguridad y de salud" del Anexo I de la Directiva de máquinas. A continuación, el fabricante aplica bajo su propia responsabilidad el marcado CE sin acudir a un organismo de verificación o autoridad competente ("certificación propia"). Sin embargo, antes debe preparar el expediente técnico de la máquina para presentarlo a las autoridades nacionales si así lo requieren.
- Procedimiento para las máquinas mencionadas en el Anexo IV: las máquinas que comportan un riesgo elevado están sujetas a procedimientos especiales. El Anexo IV de la Directiva de máquinas contiene una lista de las máquinas y componentes de seguridad correspondientes, entre los que se encuentran dispositivos de protección sin contacto, como barreras fotoeléctricas y escáneres láser de seguridad. Deben cumplirse en primer lugar los requisitos descritos en la sección "Requisitos esenciales de seguridad y de salud" del Anexo I de la Directiva de máquinas. Si existen normas armonizados que abarquen el conjunto completo de requisitos para las máquinas o los componentes de seguridad, posteriormente puede conseguirse el certificado de conformidad de tres maneras:
- Certificación propia
- Examen CE de tipo a cargo de un organismo de verificación notificado
- Aplicación de un sistema de gestión de calidad (SGC) verificado y detallado

8014605/2015-07-07
Sujeto a cambio sin previo aviso

Si no existen normas armonizadas para las máquinas o bien la máquina, o componentes de la misma, no se fabricaron conforme a normas armonizados, solo puede conseguirse el certificado de conformidad de la manera siguiente:

- Examen CE de tipo a cargo de un organismo de verificación notificado: en una comprobación a cargo de un organismo de verificación notificado, el fabricante debe poner a su disposición la máquina y el expediente técnico que la acompaña, para que pueda determinarse mediante un "examen CE de tipo" si la máquina cumple los requisitos esenciales de seguridad y salud. El organismo de verificación notificado comprueba la conformidad con la directiva y emite un certificado de examen CE de tipo en el que se exponen los resultados de las pruebas.
- Aplicación de un sistema de gestión de calidad (SGC) verificado y detallado: el SGC detallado, previamente verificado por un organismo de verificación notificado, debe garantizar la conformidad con los requisitos de la Directiva de máquinas. El fabricante se hace responsable en todos los casos de la aplicación eficaz y adecuada del SGC. Véase también el Anexo X de la Directiva de máquinas.

Marcado CE de conformidad de la máquina

Una vez cumplidos todos los requisitos, debe dotarse a la máquina de la marca CE.

¡Atención! Solo debe aplicarse la marca CE si la máquina cumple todas las directivas europeas que se le aplican. (solo entonces puede comercializarse un producto en el espacio económico europeo).

Casos especiales: las cuasi máquinas

En muchas ocasiones se fabrican y suministran subsistemas, grupos constructivos o componentes de máquinas que se acercan mucho a lo que se entiende por máquina, pero que no pueden considerarse como máquina completa como lo interpreta la Directiva de máquinas. La Directiva de máquinas define como "cuasi máquinas" un conjunto de componentes que constituye casi una máquina, pero que no puede realizar por sí solo una aplicación determinada. Un único robot industrial, p. ej., sería una cuasi máquina. La cuasi máquina está destinada únicamente a ser incorporada a, o ensamblada con, otras máquinas u otras cuasi máquinas o equipos, para formar una máquina a la que se aplique la Directiva.

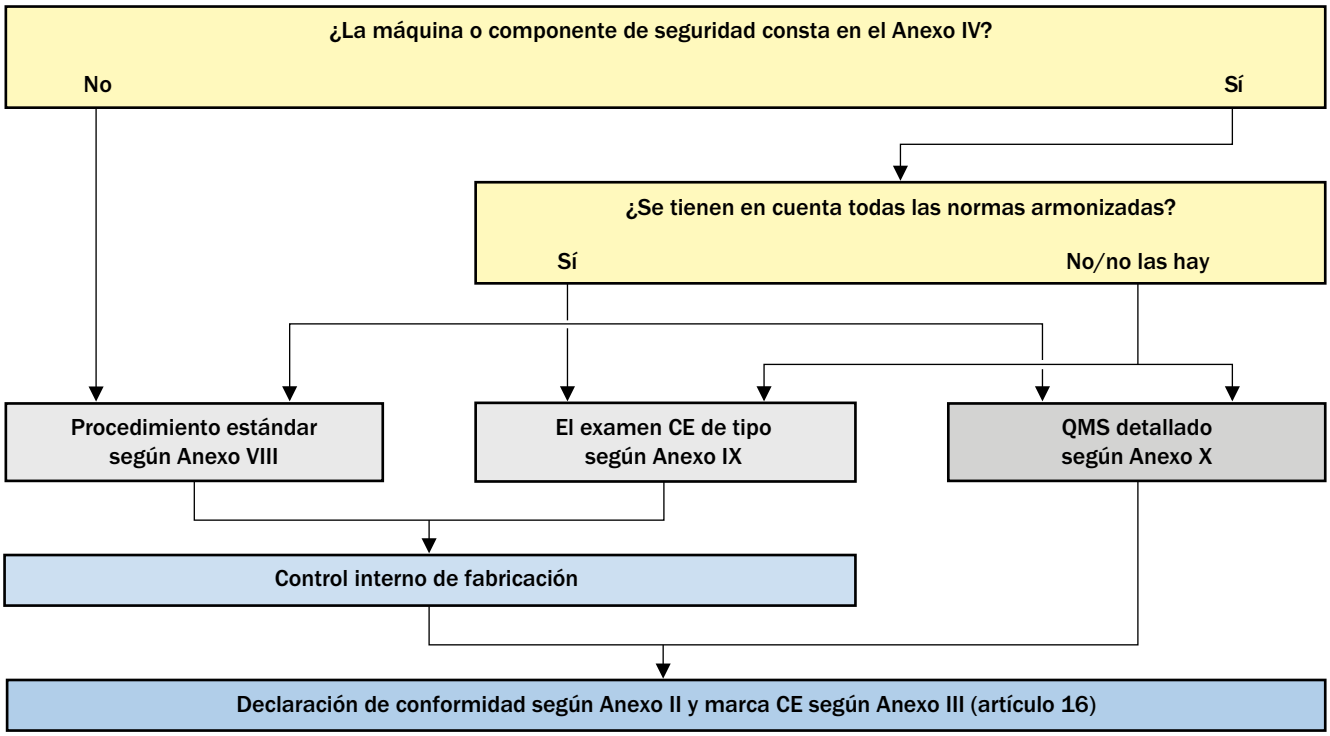
Las cuasi máquinas no pueden cumplir todos los requisitos de la Directiva de máquinas. Por ello, esta directiva regula también su libre circulación mediante un procedimiento específico:

- El fabricante debe cumplir todos los requisitos esenciales de la Directiva de máquinas en materia de salud y seguridad que sean razonablemente factibles.
- El fabricante debe expedir una declaración de incorporación. Esta describe qué requisitos esenciales de la Directiva son aplicables y se cumplen. Debe elaborarse y conservarse un expediente técnico adecuado como en el caso de las máquinas.
- En lugar de un manual de instrucciones de uso, el fabricante debe redactar un manual de instrucciones de montaje y adjuntarlo a cada "cuasi" máquina. El fabricante y el usuario (integrador) pueden convenir la lengua en que estarán redactadas estas instrucciones de montaje.

→ Véase también la sección "Organismos de verificación, seguros y autoridades" → §-12

§

Procedimiento de evaluación de la conformidad CE para máquinas y componentes de seguridad



Resumen: leyes, directivas

Como fabricante de la máquina, se le aplica, entre otras, la Directiva de máquinas:

- Cumpla los requisitos esenciales de la Directiva de máquinas en materia de salud y seguridad.
- Planifique la integración de la seguridad durante el mismo proceso de construcción.
- Para la declaración de conformidad, utilice o bien el procedimiento estándar o bien el procedimiento para máquinas indicadas en el Anexo IV de la Directiva de máquinas.
- Recopile el expediente técnico de la máquina, especialmente todos los documentos de fabricación que atañen a la seguridad.
- Entregue un manual de instrucciones de uso en la lengua oficial del país en el que se vaya a utilizar la máquina. Debe entregarse también la versión original.
- Cumplimente una declaración de conformidad y marque la máquina o el componente de seguridad con el marcado CE.

Como explotador de la máquina, se le aplica la Directiva de utilización de los equipos de trabajo:

- Cumpla los requisitos de la Directiva de utilización de los equipos de trabajo.
- Infórmese de la existencia de otros requisitos nacionales y cúmplalos (p. ej., verificación de equipos de trabajo, intervalos de servicio o mantenimiento, etc.).

8014605/2015-07-07
Sujeto a cambio sin previo aviso

§

Normas

En esta guía se hace referencia básicamente a normas internacionales (ISO-IEC). Encontrará una relación de normas importantes en el Anexo de esta guía. Esta relación contiene también la equivalencia de las normas internacionales indicadas (ISO/IEC) con la normas regionales (EN) o nacionales según corresponda a la validez regional de esta guía.

En el Anexo i, página i-6 y ss., se encuentra una relación de las normas importantes internacionales y locales.

Las normas son acuerdos que se establecen entre distintos grupos de interés (fabricantes, consumidores, organismos de verificación, autoridades de protección en el trabajo y gobiernos). Contrariamente a lo que se suele pensar, no son los gobiernos ni las autoridades los que elaboran o acuerdan las normas. Las normas describen el estado de la tecnología en el momento de su redacción. Durante los últimos cien años, la evolución de las normas nacionales ha dado lugar a estándares válidos en todo el mundo. En función del lugar donde se vaya a utilizar la máquina o el producto, pueden aplicarse diferentes regulaciones que requieren la aplicación de normas distintas. La elección correcta de las normas a aplicar ayuda a los fabricantes de máquinas a cumplir los requisitos legales.

Organizaciones y estructuras internacionales de normalización

ISO (International Standardization Organisation / Organización Internacional para la Estandarización)
La ISO es una red internacional formada por los organismos de normalización de 157 países. La ISO elabora y publica estándares internacionales centrados en tecnologías no relacionadas con la electricidad.

IEC (International Electrotechnical Commission / Comisión Electrotécnica Internacional)
La IEC es una organización global que elabora y publica estándares internacionales para todos los ámbitos de la electrotecnia (p. ej. electrónica, telecomunicaciones, compatibilidad electromagnética, generación de energía) y tecnologías afines.

Diferentes tipos de normas

Se distinguen tres tipos de normas:

Normas A
(Normas esenciales de seguridad) contienen términos, principios de diseño y aspectos generales que pueden aplicarse a todas las máquinas.

Normas B
(Normas de categorías de seguridad) tratan sobre un aspecto de seguridad o un dispositivo de seguridad que puede utilizarse en una amplia gama de máquinas. Las normas B se dividen, a su vez, en:

- Normas B1 para aspectos específicos de seguridad, p. ej., la seguridad eléctrica de máquinas, el cálculo de distancias de seguridad y los requisitos para sistemas de control
- Normas B2 para dispositivos de seguridad, p. ej., conmutadores bimanuales, resguardos físicos y dispositivos de protección sin contacto

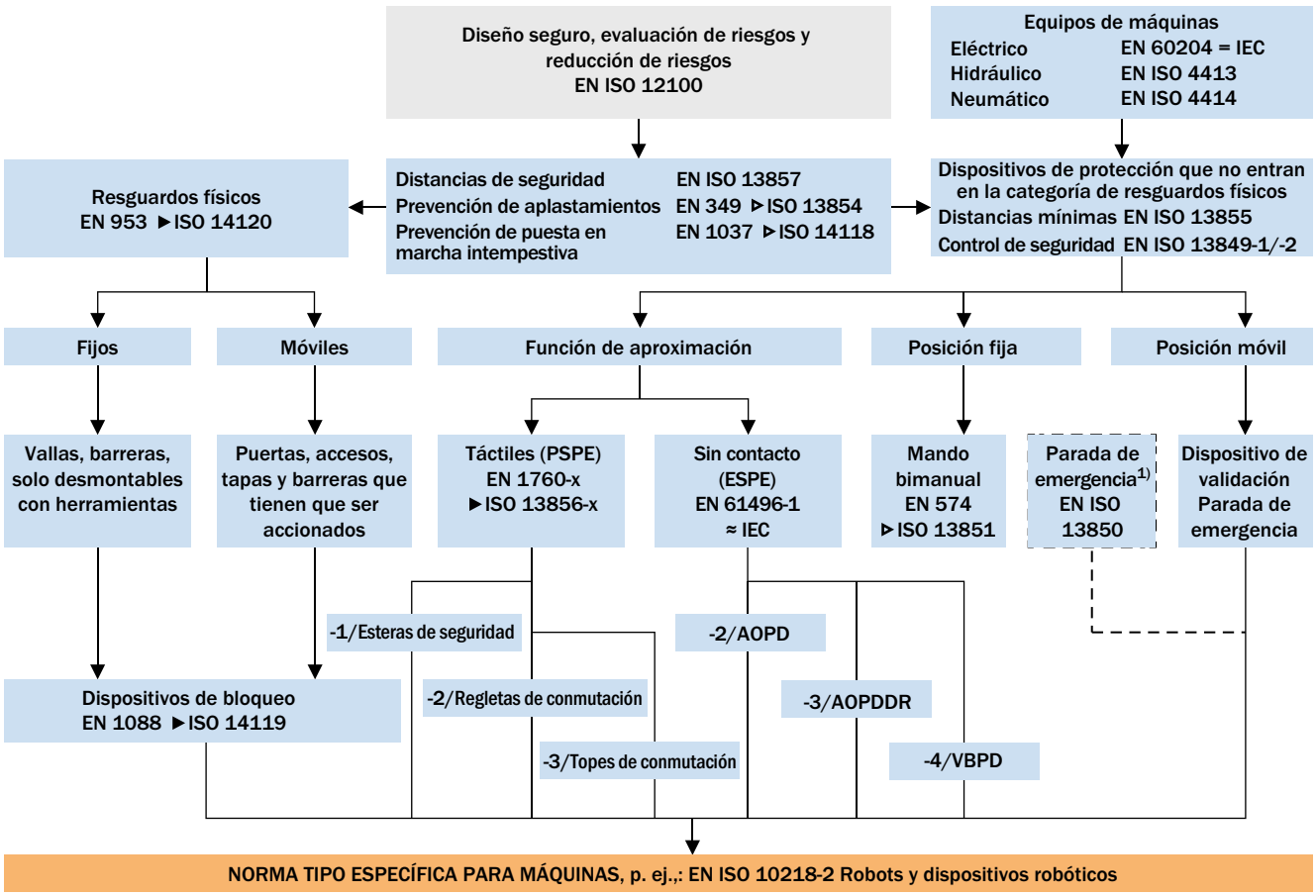
Normas C
Las normas C contienen todos los requisitos de seguridad de una máquina o grupo de máquinas específico. Si existe una norma de este tipo, tiene prioridad respecto a las normas A y B. No obstante, una norma C puede hacer mención a una norma B o A. Los requisitos de la Directiva de máquinas deben cumplirse en todos los casos.

Actualmente se están revisando muchas normas A y B, así como normas C importantes. Esto comporta una nueva numeración de la serie de normas EN-ISO. Sin embargo, normalmente hay periodos de transición. De ahí que puedan transcurrir hasta cinco o seis años antes de que una norma revisada se aplique realmente.

→ Encontrará una relación con las normas más importantes en la sección del Anexo “Lista de normas importantes” → i-6

§

Relación de dispositivos de protección con sus correspondientes normas



1) ¡La parada de emergencia es una medida de seguridad, no un dispositivo de protección!
▶ La norma EN está actualmente en revisión y se editará como norma EN-ISO.
▷ La norma EN será revisada y se editará como norma EN-ISO.
AOPD active opto-electronic protective device
AOPDDR active opto-electronic protective device responsive to diffuse reflection
VBPD vision based protective device

Normas tipo A
Normas tipo B
Normas tipo C

8014605/2015-07-07
Sujeto a cambio sin previo aviso

Organizaciones y estructuras europeas de normalización

CEN (Comité Européen de Normalisation/ Comité Europeo de Normalización)
El CEN es un grupo formado por organizaciones de normalización de los países miembros de la UE, los países de la EFTA y sus futuros miembros de la UE. El CEN elabora las normas europeas (EN) de los campos distintos al de la electricidad. A fin de evitar que dichas normas representen un obstáculo para el comercio, el CEN mantiene una estrecha colaboración con la ISO. EL CEN decide mediante votación si se adoptan las normas ISO y las publica en forma de normas europeas.

CENELEC (Comité européen de normalisation électrotechnique/Comité europeo de normalización electrotécnica)
El CENELEC, la institución análoga al CEN en el campo de la electrotecnia, elabora y publica las normas europeas (EN) en dicho campo. De manera similar al CEN y a la ISO, el CENELEC adopta de manera creciente normas de la IEC y su numeración.

Organizaciones y estructuras nacionales de normalización

Por lo general, cada país miembro de la UE tiene su propio organismo de normalización, como DIN, ON, BSI y AENOR. Estos elaboran y publican normas nacionales conforme a las disposiciones legales de los respectivos Estados miembros. A fin de garantizar de manera uniforme la seguridad y la salud en toda la Comunidad Europea y eliminar obstáculos comerciales, los organismos de normalización nacionales adoptan las normas europeas.

En las relaciones entre las normas nacionales y las europeas rigen los siguientes principios:

- Si existen normas nacionales equiparables a normas europeas adoptadas, las primeras deben retirarse.
- Si no existen normas europeas aplicables a aspectos o máquinas determinados, pueden aplicarse normas nacionales existentes.
- Un organismo nacional de normalización solo puede elaborar una nueva norma nacional tras notificarlo previamente y si no existe ningún interés a nivel europeo (por parte del CEN o el CENELEC).

§

Normas europeas para la seguridad de máquinas

Para poder implementar en la práctica de forma homogénea los objetivos y requisitos contenidos en las directivas de la Unión Europea, se necesitan normas técnicas que concreten y describan en detalle estos requisitos.
Las normas que concreten las directivas europeas de modo que la observancia de las normas confiera una presunción de conformidad con las directivas, tendrán la consideración de normas armonizadas.
El estado de las normas se indica mediante distintos prefijos:

- Las normas con el prefijo “EN” están reconocidas y son aplicables en todos los estados de la UE.
- Las normas con el prefijo “prEN” se encuentran en proceso de elaboración.
- Los documentos con el prefijo adicional “TS” son especificaciones técnicas y se utilizan como normas provisionales. Se encuentran en forma de CLC/TS o CEN/TS.
- Los documentos con el prefijo adicional “TR” son informes del estado de la técnica.

Así nace una norma europea armonizada:

1. La Comisión de la UE, como órgano ejecutivo de la UE, emite un mandato al CEN o al CENELEC para que elabore una norma europea, a fin de concretar los requisitos de una directiva.
2. Las normas se elaboran en organismos internacionales, que fijan las especificaciones técnicas para el cumplimiento de los requisitos esenciales de seguridad de la/s directiva/s.
3. En cuanto se ha aceptado la norma mediante votación, se publica en el Diario Oficial de la UE. Adicionalmente, la norma debe publicarse al menos en un estado miembro (p. ej., como DIN EN). Desde ese momento, se considera como norma europea armonizada.

- Una norma europea armonizada se emplea como referencia y reemplaza todas las normas nacionales sobre el mismo tema.
- La conformidad con normas armonizadas aplicables permite suponer que también una máquina o un componente de seguridad cumple los requisitos esenciales de salud y seguridad establecidos en las directivas, p. ej. en la Directiva de máquinas, lo que se conoce como presunción de conformidad.

➜ Una panorámica de la normalización: www.normapme.com
➜ Puede encontrar una relación de las normas que poseen presunción de conformidad para las directivas en ec.europa.eu

- La Directiva de máquinas no exige la aplicación de normas, independientemente de si están armonizadas o no. Sin embargo, la aplicación de normas armonizadas constituye la base de lo que se conoce como “suposición de conformidad”, que implica que la máquina cumple los requisitos de la Directiva de máquinas.
- Si existe una norma C para un tipo de máquina, tiene prioridad respecto a las demás normas A y B y cualquier indicación de esta guía. En este caso, solo la norma C permite suponer la conformidad con la directiva correspondiente.

8014605/2015-07-07

Resumen: Normas

- Las normas técnicas concretan los objetivos definidos en las directivas europeas.
- La aplicación de normas armonizadas constituye la base de la llamada “suposición de conformidad”, que implica que la máquina cumple los requisitos de la Directiva de máquinas. Es decir, si escoge y aplica las normas adecuadas para su máquina o instalación, puede dar por descontado que cumple los requisitos legales. En casos específicos. las obligaciones del fabricante pueden exceder el contenido de las normas si, p. ej., una norma ya no se ajusta al estado de la técnica.
- Existen normas A (normas esenciales de seguridad), normas B (normas de categorías de seguridad) y normas C (normas para la seguridad de las máquinas). Si existe una norma C, tiene prioridad respecto a las normas A y B.

§

Organismos de verificación, seguros y autoridades

Organismos de verificación

Organismos de verificación con asesoramiento en materia de seguridad
Las empresas que deseen saber si sus máquinas cumplen las directivas y normas europeas pertinentes, pueden solicitar el asesoramiento de los organismos de verificación en materia de seguridad.

Organismos de verificación acreditados
Los organismos de verificación acreditados son organismos que certifican el cumplimiento de los procedimientos y criterios de comprobación de las instituciones nacionales reconocidas. Son, entre otros, organismos de verificación de las mutuas de accidentes y compañías aseguradoras, que suelen disponer de estaciones de ensayo muy competentes.

Organismos de verificación notificados
Todos los países miembros de la UE están obligados a designar organismos verificadores que cumplan los requisitos mínimos establecidos en la Directiva de máquinas y a notificar dichos organismos a la Comisión Europea en Bruselas.
Solo estos organismos de verificación están facultados para efectuar los exámenes CE de tipo y emitir los certificados correspondientes para máquinas y componentes de seguridad enumerados en el Anexo IV de la Directiva de máquinas. No todos los organismos de verificación notificados pueden verificar todos los tipos de productos y máquinas. Muchos organismos de verificación solo están facultados para campos especiales de actividad.

Seguros

Mutuas de accidentes /IFA (Instituto para la Seguridad en el Trabajo del Seguro Social Alemán de Accidentes de Trabajo).
En Alemania, el seguro obligatorio de accidentes corre a cargo de las mutuas de accidentes y otros organismos. Las mutuas de accidentes están organizadas en asociaciones profesionales para cumplir mejor las condiciones específicas de los distintos sectores económicos.

Compañías de seguros
Muchas compañías de seguros disponen de centros de atención que prestan un asesoramiento competente, sobre todo en lo relativo a cómo evitar riesgos por responsabilidad civil derivada de la ignorancia o el incumplimiento de los requisitos legales.

Autoridades responsables de la vigilancia del mercado

En los países de la UE y la EFTA, la protección en el trabajo y la vigilancia del mercado competen a autoridades nacionales.

- En Alemania, corresponden a los organismos de protección laboral de los estados federados.
- Austria dispone de un conjunto de comisariados para la inspección de la seguridad en el trabajo. Los fabricantes de máquinas pueden dirigirse a ellos para recibir asesoramiento específico acerca de la seguridad de las máquinas y la seguridad en el trabajo.
- En Suiza, la supervisión del mercado compete a la Secretaría Estatal de Economía (SECO). De la ejecución se encarga la Organización Suiza de Aseguradoras de Accidentes (Suva), que se caracteriza también por una gran competencia técnica.

→ Encontrará direcciones importantes en la sección “Enlaces útiles” → i-8 del Anexo.

8014605/2015-07-07
Sujeto a cambio sin previo aviso

Fundamentos de la responsabilidad civil por los productos

El concepto **responsabilidad civil por los productos** se usa frecuentemente como término genérico para referirse a cualquier tipo de responsabilidad que tiene un fabricante o un vendedor por un producto (incluida la responsabilidad por todo defecto de carácter material del producto o por los daños causados por este). Sin embargo, en la valoración jurídica existen diferencias notables dependiendo del tipo de daño o de la causa de que se trate. En primer lugar hay que diferenciar entre responsabilidad por los defectos de carácter material y la responsabilidad por los productos en sentido amplio.

Por **responsabilidad por defectos de carácter material** (también derecho de garantía) se entiende la responsabilidad por los defectos del producto. Los derechos derivados de la responsabilidad por los defectos de carácter material solo pueden hacerse valer entre las partes contractuales, pero no por terceros.

La **responsabilidad por los productos en sentido amplio** se puede subdividir en:

- La **responsabilidad delictiva por los productos** (en el Derecho alemán regulada en el art. 823 del Código Civil alemán/BGB).
  La responsabilidad delictiva por los productos se da cuando alguien inflige un daño a otro dolosa o negligentemente (en este contexto por un producto fabricado por aquel). Cuando concurren los demás requisitos, cualquier damnificado podrá acogerse a esta disposición, aunque no sea parte contratante (los llamados terceros).
- A la **responsabilidad por los productos en el sentido de la Ley de responsabilidad por productos defectuosos** (ProdHaftG) propiamente dicha pueden acogerse tanto las partes contratantes como terceros.
  La Ley alemana de responsabilidad por productos defectuosos se basa en una directiva de la Unión Europea, por lo que en todos los países de la Unión Europea está vigente una regulación equiparable. Aparte de esto, también existen regulaciones correspondientes en muchos países que no forman parte de la Unión Europea. A continuación se expondrá una visión general breve sobre las regulaciones vigente en la legislación alemana. No obstante, hay que ser conscientes de que solo se indican los puntos esenciales y no todos los requisitos o exclusiones.

Requisitos

La responsabilidad del fabricante está regulada en el art. 1 de la Ley de responsabilidad por productos defectuosos (ProdHaftG) del siguiente modo:

> "Si como consecuencia de un defecto de un producto, alguien muriese, sufriese lesiones físicas o psíquicas, o se produjeran daños en los objetos, el fabricante del producto está obligado a resarcir los daños originados."

De aquí se desprenden los siguientes requisitos:

Fabricante (art. 4 de la Ley ProdHaftG)
El fabricante debe haber comercializado el producto. Aquí se incluye todo aquel que importe un producto al EEE (Espacio Económico Europeo) o que distribuya el producto de otro fabricante como producto de marca propia (private label) con su propia etiqueta (los llamados "cuasi fabricantes").

Producto defectuoso (art. 3 de la Ley ProdHaftG)
Cuando un producto no ofrece la seguridad que razonablemente cabría esperar, teniendo en cuenta todas las circunstancias.

Daños causados por el producto defectuoso: lesiones físicas o de la salud o daños materiales (pero no al producto mismo y solo a objetos que habitualmente están destinados al uso o al consumo privado y que el damnificado haya utilizado principalmente como corresponde). La Ley de responsabilidad por productos defectuosos (ProdHaftG) no prevé resarcimiento por los daños puramente patrimoniales. Sin embargo, se aplica una excepción cuando el daño patrimonial es consecuencia directa de una lesión física o de la salud o de un daño material previsto por la Ley de responsabilidad por productos defectuosos/ProdHaftG (p. ej., los gastos por tratamientos médicos, rentas dinerarias por limitación de la capacidad de trabajo, etc.).
A diferencia de los derechos a indemnización por daños y perjuicios amparados por el derecho de garantía o derivados de la responsabilidad delictiva, para la responsabilidad según la Ley de responsabilidad por productos defectuosos (ProdHaftG) no se requiere ninguna culpa. Es decir, también puede haber responsabilidad cuando se haya observado la debida diligencia en la comercialización (y, por tanto, sin negligencia). Se trata de la denominada "responsabilidad por el riesgo creado". Para fundamentar esta responsabilidad, es suficiente con que en el marco de una actividad permitida se origine un riesgo que se materializa posteriormente.

§

Obligaciones de los fabricantes

Se diferencian varios tipos de defectos que pueden fundamentar la responsabilidad en el sentido de la Ley de responsabilidad por productos defectuosos (ProdHaftG):

Defectos de construcción
Estos tienen su origen en el concepto del producto, p. ej., en el diseño técnico o en la selección de los materiales, y afectan a toda la producción.

Defectos de fabricación
Los defectos de fabricación son aquellos que se producen en determinados productos o lotes. El fabricante también es responsable de los llamados “valores extremos” conforme a la Ley de responsabilidad por productos defectuosos (ProdHaftG).

Defectos de instrucción
Los defectos de instrucción concurren cuando se originan riesgos debidos a instrucción deficiente sobre el producto (p. ej., en las instrucciones de uso). Aquí se incluyen también la ausencia de indicaciones de advertencia o la ocultación de las mismas. Para las indicaciones de advertencia, el fabricante debe orientarse por el usuario menos informado y tener en cuenta un probable uso erróneo de un producto. Así pues, la Ley de responsabilidad por productos defectuosos (ProdHaftG) obliga al fabricante a garantizar la seguridad del producto en el marco del desarrollo, la producción y la instrucción.

En este contexto hay que prestar especial atención al cumplimiento de la legislación vinculante. Si un defecto (solo) se debe al cumplimiento de dicha legislación, el fabricante no será responsable. En este contexto, las normas técnicas (Normas europeas – EN – o normas nacionales, como DIN, VDE etc.) deben considerarse como estándar mínimo para la seguridad requerida. Las obligaciones de los fabricantes también pueden transcender el cumplimiento de las leyes o de las normas técnicas cuando se hubieran podido esperar medidas razonables de mayor alcance para garantizar la seguridad de un producto. Según la jurisprudencia del Tribunal Supremo, no es suficiente con observar las normas EN para cumplir la obligación que incumbe a los fabricantes de garantizar la seguridad del tráfico cuando el desarrollo la haya pasado por alto o cuando, al usar un dispositivo, se revele un peligro que no se haya tenido en cuenta en las normas EN.

Cuantía del daño

Por principio, el fabricante debe indemnizar al perjudicado por el total de los daños que se le hayan originado. La Ley de responsabilidad por productos defectuosos (ProdHaftG) solo prevé una limitación en el caso de daños personales. El importe máximo de la responsabilidad para este tipo de daños es de 85 millones de euros. No es posible una limitación más amplia frente a terceros debido a la falta de un contrato, pero tampoco está permitida frente a la parte contratante, ni en las condiciones comerciales generales ni en contratos individuales.
El fabricante puede protegerse mediante un seguro de responsabilidad civil en cuantía suficiente.

Resumen: Responsabilidad civil por productos defectuosos

- Prevenga la responsabilidad como fabricante en el sentido de la Ley de responsabilidad por productos defectuosos (ProdHaftG):
  - Observe las normas vigentes.
  - Compruebe si son necesarias medidas adicionales para garantizar la seguridad de un producto.
- Evite los defectos mediante medidas consecuentes de garantía y control de la calidad.
- Minimice el riesgo residual del fabricante mediante un seguro por cuantía suficiente.

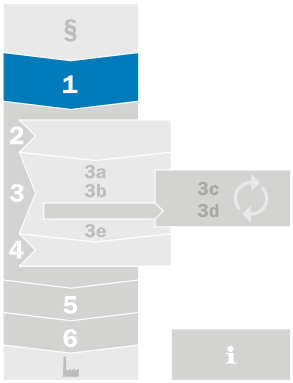
Aún cabe señalar que, en tanto que no exista inversión de pruebas, en caso de accidente, es el damnificado quien, por principio, tiene que aportar la prueba de que un producto defectuoso ha producido daños físicos o materiales y ha sido la causa de los daños surgidos. Esto no siempre es posible sin problemas, particularmente cuando entran en consideración varias causas posibles.

8014605/2015-07-07
Sujeto a cambio sin previo aviso

Paso 1: Evaluación de riesgos

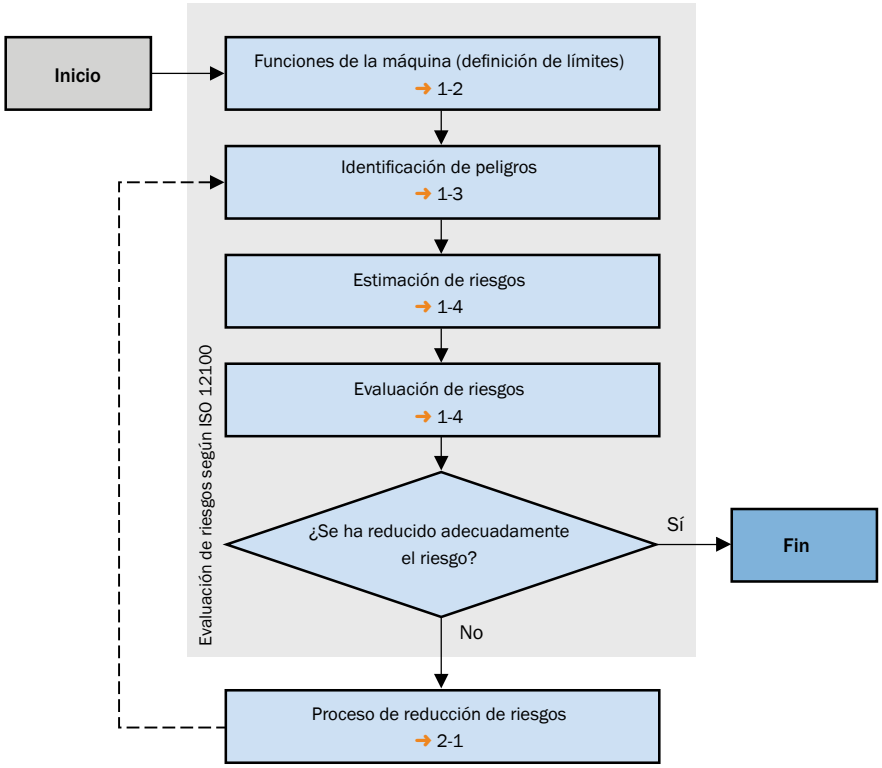
Al diseñar una máquina, deben analizarse los posibles riesgos y, en caso necesario, contemplarse medidas para proteger al operador de los peligros existentes.
Para ayudar al fabricante de la máquina en este sentido, los estándares definen y describen el proceso de la evaluación de riesgos. Una evaluación de riesgos consiste en una serie de pasos lógicos que permiten el análisis y la valoración sistemática de los riesgos. La máquina debe diseñarse y fabricarse teniendo en cuenta los resultados de esta evaluación.

En caso necesario, tras evaluar los riesgos se deberá lograr una reducción de los mismos introduciendo las medidas de protección adecuadas. La aplicación de medidas de protección no debe comportar la aparición de nuevos riesgos. Puede ser necesario repetir el proceso completo de evaluación y reducción de riesgos para eliminar todos los peligros posibles y reducir suficientemente los riesgos añadidos detectados. En muchos estándares C, la evaluación de riesgos es específica para la máquina y se centra en la aplicación. Si no hay estándares C aplicables o estos son insuficientes, pueden aplicarse los requisitos de los estándares A y B.



→ Construcción segura, evaluación y reducción de riesgos
Norma A: ISO 12100

Proceso de evaluación de riesgos



En este capítulo ...

- Todos los peligros deben someterse a este proceso. Debe repetirse (proceso iterativo) hasta que el riesgo residual sea lo suficientemente bajo.
- Los resultados de la evaluación de riesgos y el procedimiento empleado deben documentarse.

Funciones de la máquina (definición de límites)

La evaluación de riesgos empieza cuando se establecen las funciones de la máquina. Estas pueden ser:

- La especificación de la máquina (qué produce, su rendimiento, máximo, los materiales previstos)
- Las limitaciones de espacio y el lugar donde previsiblemente se utilizará
- La vida útil prevista
- Las funciones y los modos de funcionamiento previstos
- El funcionamiento incorrecto y las perturbaciones previsibles
- Las personas implicadas en las operaciones de la máquina
- Los productos relacionados con la máquina
- El uso para el que se ha previsto la máquina, pero también el comportamiento involuntario del operador o el uso incorrecto (o indebido), y razonablemente previsible, de la máquina

Uso incorrecto previsible

El comportamiento involuntario razonablemente admisible del operador o el uso incorrecto previsible de la máquina pueden ser, entre otros:

- La pérdida del control de la máquina por parte del operador (especialmente en máquinas manuales o móviles)
- El comportamiento reflejo de las personas en el caso de un funcionamiento incorrecto, una anomalía o una avería durante el uso de la máquina
- Un comportamiento equivocado debido a una falta de concentración o un descuido
- Un comportamiento equivocado atribuible a la “ley del mínimo esfuerzo” en la ejecución de una tarea
- Un comportamiento bajo la presión que supone mantener la máquina en funcionamiento en todas las circunstancias
- El comportamiento de determinados grupos de personas (p. ej., niños, jóvenes y personas discapacitadas)

Fallos y averías previsibles

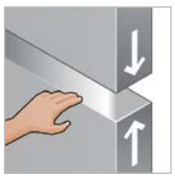
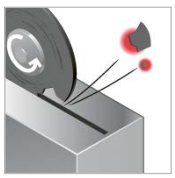
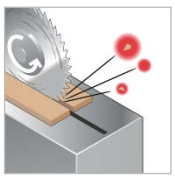
Los fallos y averías de los componentes importantes para las funciones de trabajo (especialmente, el sistema de control) suponen un considerable peligro potencial. Ejemplos:

- Movimientos rotativos (las manos podrían quedar atrapadas)
- El movimiento del robot fuera de su área normal de trabajo

Identificación de peligros

Una vez establecida la función de la máquina, se llega al paso más importante en la evaluación de riesgos. Este consiste en la identificación sistemática de peligros, situaciones de peligro y/o eventos de peligro previsibles.

El fabricante de la máquina debería tener especialmente en cuenta los siguientes riesgos...	**...en todas las fases de la vida útil de la máquina.**
• Peligros mecánicos • Peligros eléctricos • Peligros térmicos • Peligros por ruido • Peligros por vibraciones • Peligros por radiaciones • Peligros por materiales y sustancias • Peligros por la no aplicación de principios de ergonomía en el diseño de las máquinas • Peligros por resbalones, tropiezos y caídas • peligros derivados del entorno en el que se utilizará la máquina • Peligros que resultan de combinar los peligros mencionados anteriormente	• Transporte, montaje e instalación • Puesta en marcha • Configuración • Funcionamiento normal y reparación de averías • Mantenimiento y limpieza • Puesta fuera de servicio, desmontaje y eliminación de desechos

Ejemplos de peligros mecánicos en máquinas e instalaciones			
	Corte		Aplastamiento
	Cizallamiento		Punzonamiento
	Succión o atrapamiento		Succión o atrapamiento
	Atrapamiento/Arrastre		Golpe
	Efectos por utillajes rotos		Proyección de partículas

Estimación y evaluación de riesgos

Una vez se han identificado los peligros, debe efectuarse una **estimación de riesgos** para cada situación de peligro contemplada.

Riesgo = **Magnitud de los daños** × **Probabilidad de que se produzcan**

El riesgo que comporta la situación de peligro en cuestión depende de los siguientes factores:

- La magnitud de los daños que este peligro puede provocar (lesiones leves, graves, etc.) y
- La probabilidad de que estos daños se produzcan. Esta se calcula a partir de:
  - La exposición de una persona o personas al peligro
  - La aparición de un evento de peligro y
  - Los medios técnicos y humanos para evitar o reducir los daños

Para estimar los riesgos, se dispone de varios instrumentos, como tablas, gráficos de riesgo, métodos numéricos, etc.
En la **valoración de riesgos** se determina, mediante los resultados de la estimación de riesgos, si deben aplicarse medidas de protección y cuándo se logra la reducción de riesgo necesaria.

→ Herramientas y tablas: Informe técnico – ISO/TR 14121-2

Documentación

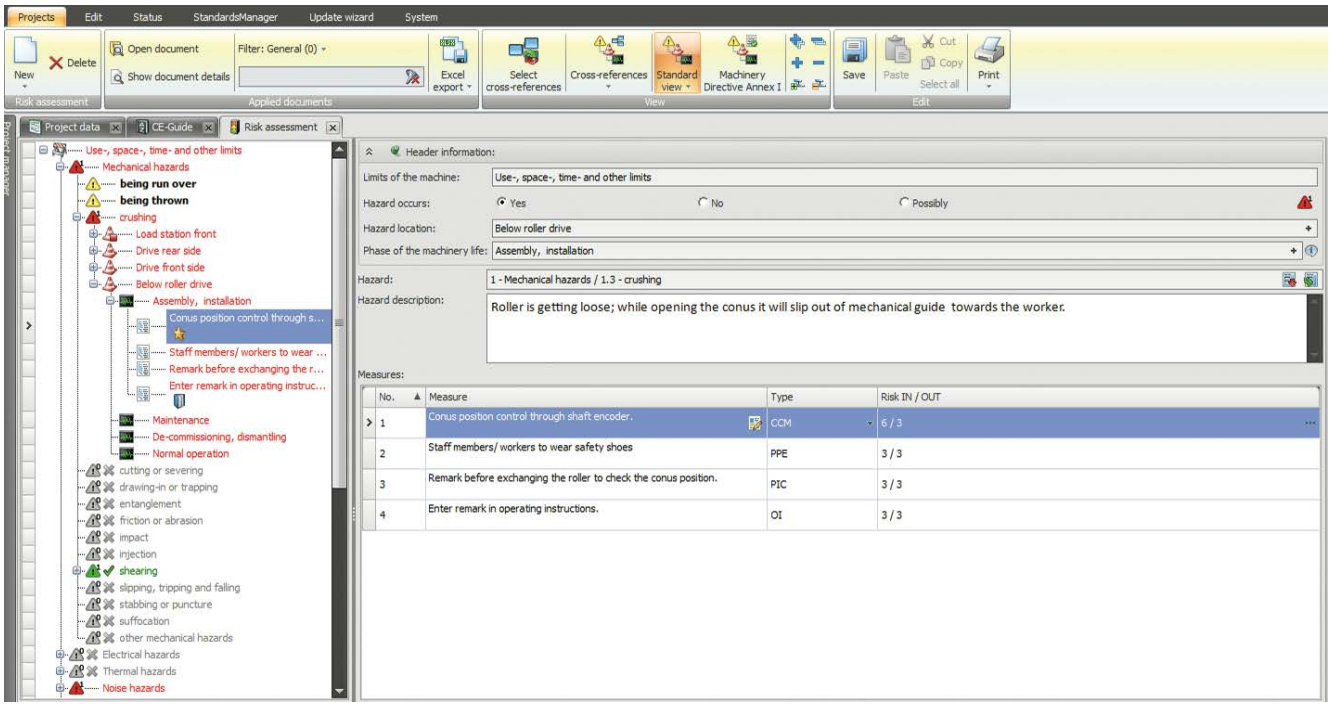
La documentación para la evaluación de riesgos debe contener el procedimiento empleado y los resultados alcanzados, además de la información siguiente:

- Información de la máquina, como especificaciones, límites, uso conforme a lo previsto, etc.
- Presunciones importantes, como cargas, resistencias y coeficientes de seguridad
- Todos los peligros y situaciones de peligro identificados, así como los eventos de peligro tomados en consideración
- Los datos utilizados y sus fuentes, como los registros de accidentes y experiencia acumulada en la reducción de riesgos en máquinas comparables
- Una descripción de las medidas de protección empleadas
- Una descripción de los objetivos de reducción de riesgos que se pretende alcanzar con estas medidas de protección
- Los riesgos residuales que todavía se asocian con la máquina
- Todos los documentos elaborados durante la evaluación de riesgos

La Directiva de máquinas no exige que la documentación de la evaluación de riesgos se adjunte con la máquina.

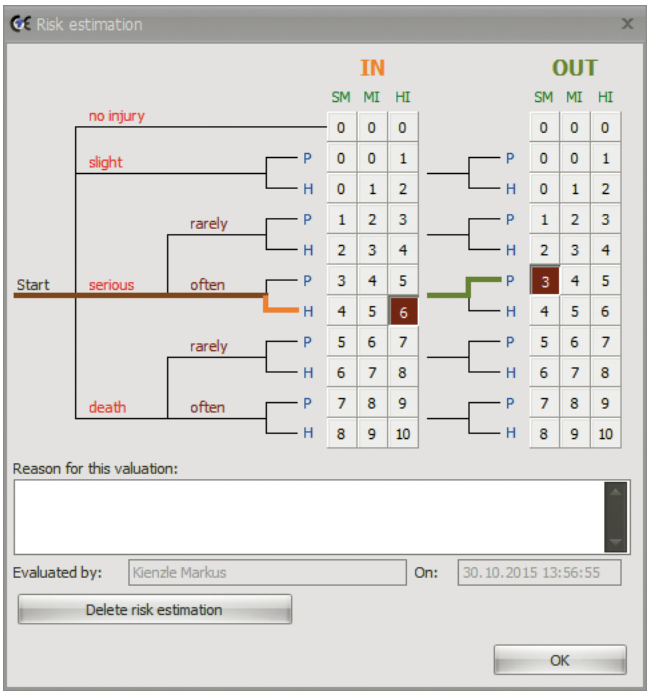
8014605/2015-07-07

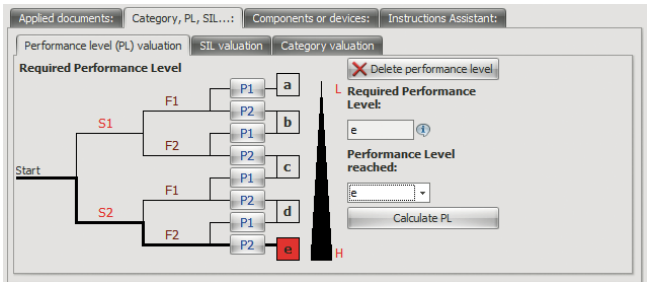
Evaluación de riesgos con Safexpert®



El proceso de evaluación de riesgos se representa mediante Safexpert®, un software de gestión CE. El programa guía al usuario a través de los distintos requisitos legales y normativos. La lista de riesgos almacenada, la gestión CE para la evaluación estructurada de los riesgos y el esquema para la valoración del riesgo, así como del nivel de seguridad requerido en medidas de técnica de control, simplifican la evaluación. Con la ayuda del gestor de normas NormManager y del asistente de actualización, las normas necesarias se mantienen actualizadas en todo momento. Los peligros se consideran por separado por puntos de peligro y en las distintas fases de la vida útil de la máquina. La valoración individual de los peligros permite seleccionar las medidas más adecuadas para eliminar los peligros y reducir los riesgos. En Safexpert® se combina una matriz (tabla) con un gráfico de riesgo. La estimación se efectúa antes (IN) y después (OUT) de seleccionar la medida de protección (p. ej., un dispositivo de protección). El riesgo se mide en una escala que va del 0 (riesgo nulo) al 10 (riesgo máximo).

Safexpert® no solo sirve para evaluar riesgos. También permite efectuar y documentar eficientemente el proceso de conformidad completo conforme a la Directiva de máquinas.





Resumen: Evaluación de riesgos

General

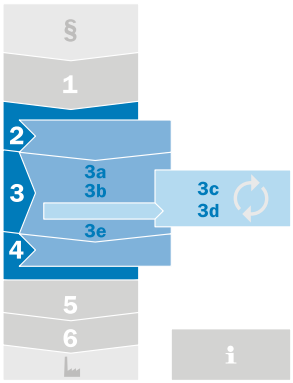
- Efectúe una evaluación de riesgos para cada uno de los peligros. Este proceso iterativo debe tener en cuenta todos los peligros y riesgos hasta que el riesgo residual sea nulo o aceptablemente bajo.

Proceso de evaluación de riesgos

- Inicie la evaluación de riesgos estableciendo las funciones de la máquina.
- En la evaluación, tenga en cuenta sobre todo el uso incorrecto y las perturbaciones previsibles.
- Identifique a continuación los peligros (mecánicos, eléctricos, térmicos, etc.) que comporta la máquina. Tenga en cuenta estos peligros en todas las fases de la vida útil de la máquina.
- A continuación, realice una estimación de los riesgos que suponen. Estos dependen de la magnitud de los daños y la probabilidad de que se produzcan.
- Documente los resultados de su evaluación de riesgos.

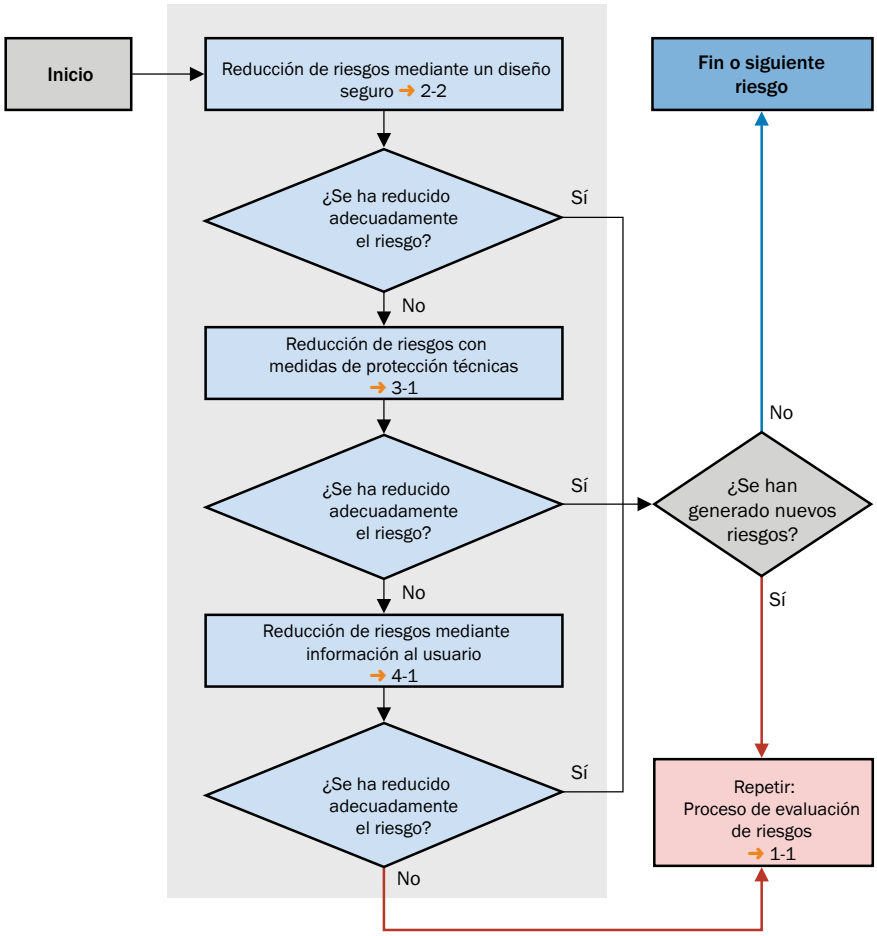
Pasos 2 a 4: Reducción de riesgos

Si la valoración del riesgo ha revelado que se precisan medidas para minimizar el riesgo, debe aplicarse el método de las 3 etapas.

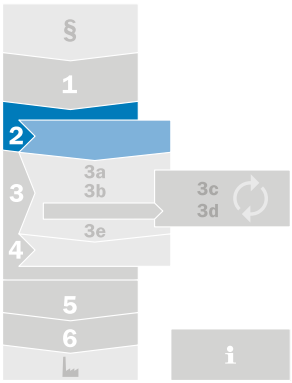


El método de las 3 etapas

1. A la hora de decidir las medidas, el fabricante de la máquina debe aplicar los siguientes principios en el orden exacto en que se indican:
2. Diseño seguro: eliminar o minimizar los riesgos en la medida de lo posible (integración de la seguridad en el diseño y la fabricación de la máquina)
3. Medidas de protección técnicas: la adopción de medidas de protección necesarias contra riesgos que no puedan eliminarse en el diseño
   Informar de los riesgos residuales a los usuarios



→ Principios del proceso de reducción de riesgos: ISO 12100 (Norma A)



2

En este capítulo ...

Paso 2: Diseño seguro (seguridad inherente en la construcción)

Un diseño seguro constituye el primer paso del proceso de reducción de riesgos y también el más importante. El propio diseño y la construcción excluyen de por sí posibles riesgos. Por lo tanto, una construcción segura es la más efectiva. Algunos aspectos de un diseño seguro influyen en la construcción de la máquina y en las interacciones con las personas expuestas a la misma.

Ejemplos:

- Diseño mecánico
- Concepto de uso y mantenimiento
- Equipo eléctrico (seguridad eléctrica, CEM)
- Conceptos para la parada en caso de emergencia
- Equipo para transmisiones hidráulicas y neumáticas
- Materiales y productos de servicio empleados
- Funcionamiento de la máquina y proceso de producción

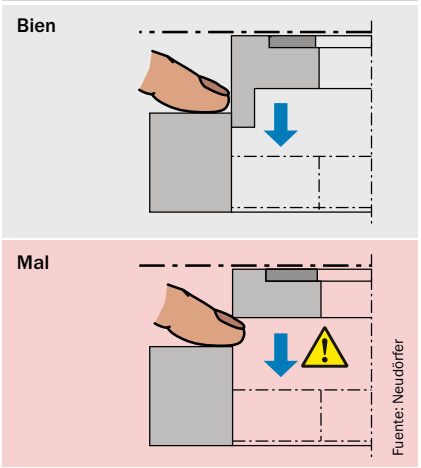
Los componentes deben siempre seleccionarse, utilizarse y adaptarse de manera que, en el caso de un fallo de la máquina, prime la seguridad de las personas. También debe procurarse evitar daños a la máquina o el entorno. Todos los componentes del diseño de la máquina deben tener unas especificaciones que garanticen su funcionamiento dentro de sus valores máximos permitidos. El diseño debe ser siempre lo más sencillo posible. Las funciones relacionadas con la seguridad deben encontrarse separadas de las restantes tanto como sea posible.

Diseño mecánico

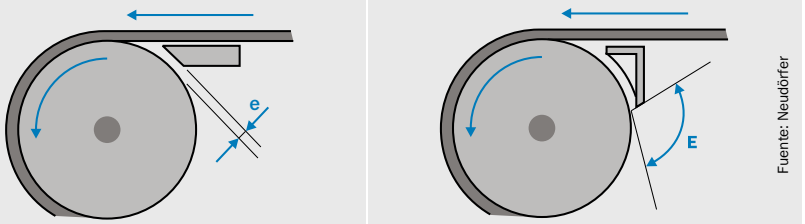
El objetivo primordial de todo diseño es evitar que se produzcan peligros. Esto puede lograrse, por ejemplo, de las siguientes maneras:

- Evitando bordes y esquinas puntiagudos y piezas prominentes
- Evitando puntos de aplastamiento, cizallamiento o entrada
- Limitando la energía cinética (masa y velocidad)
- Aplicando principios de ergonomía

Ejemplo: evitar puntos de cizallamiento



Ejemplos: Evitar puntos de entrada



La distancia **e** debería ser ≤ 6 mm!

El ángulo **E** debería ser ≥ 90 °!

→ Alfred Neudörfer: Konstruieren sicherheitsgerechter Produkte (Diseño de productos seguros), Springer-Verlag, Berlín (entre otras), ISBN 978-3-642-33889-2 (5.ª edición 2013)

8014605/2015-07-07
Sujeto a cambio sin previo aviso

Concepto de uso y mantenimiento

La permanencia en la zona de peligro debe ser lo más breve posible. Esto puede lograrse, por ejemplo, de las siguientes maneras:

- Con puestos automáticos de carga y descarga
- Con trabajos de ajuste y mantenimiento desde “fuera”
- Utilizando componentes fiables y disponibles para reducir la necesidad de mantenimiento
- Con un concepto de uso claro, p. ej., identificando claramente los mandos

Identificación mediante colores

Deben marcarse con colores distintos los mandos de los pulsadores, así como las luces indicadoras y las indicaciones en pantalla. Cada color tiene asignado un significado distinto.

→ Equipo eléctrico de las máquinas: IEC 60204-1

Significado general de los colores de los mandos

Color	Significado	Descripción
Blanco Gris Negro	No específico	Activar funciones
Verde	Seguro	Accionar durante el manejo seguro o para preparar un estado normal
Rojo	Emergencia	Accionar en caso de un estado con potencial de riesgo o en caso de emergencia
Azul	Obligación	Accionar en una situación que requiera una actuación obligatoria
Amarillo	Anomalía	Accionar en caso de un estado anómalo

Significado de los colores de las luces indicadoras

Color	Significado	Descripción
Blanco	Neutral	Utilizar si se duda entre usar el verde, el rojo, el azul o el amarillo
Verde	Estado normal	
Rojo	Emergencia	Estado con potencial de riesgo, intervenir inmediatamente
Azul	Obligatorio	Indica un estado que exige una intervención por parte del usuario
Amarillo	Anomalía	Estado anómalo, estado crítico inminente

Equipo eléctrico

Se precisan medidas para eliminar los peligros eléctricos de las máquinas. Se distinguen dos tipos de peligros:

- Peligros causados por la corriente eléctrica, es decir, debidos a un contacto directo o indirecto
- Peligros debidos a situaciones que resultan indirectamente de fallos en el control

→ En los siguientes apartados encontrará información importante para el diseño del equipo eléctrico.
→ Equipo eléctrico de las máquinas: IEC 60204-1

Conexión a la red

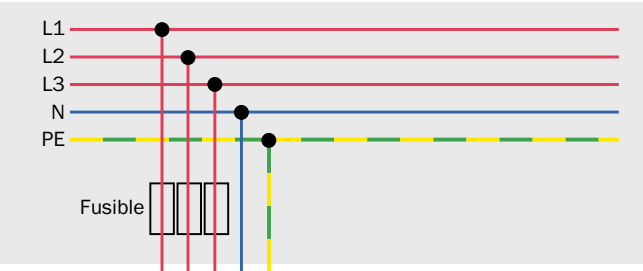
La conexión a la red es el punto enlace entre el equipo eléctrico de la máquina y la red de alimentación. Al efectuarla, deben respetarse las disposiciones de la compañía eléctrica correspondiente.

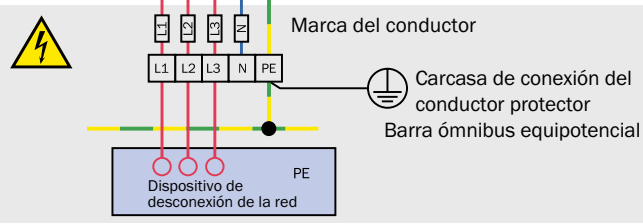
Se requiere una alimentación de red estable, especialmente en aplicaciones de seguridad. Por ello, la alimentación de tensión no debería verse influida por interrupciones breves de la corriente.

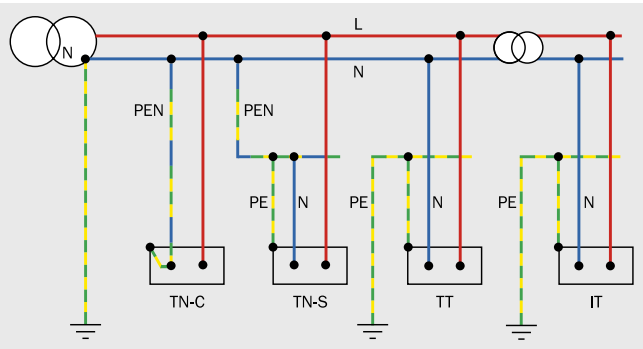
Sistema de toma de tierra
El sistema de toma de tierra se caracteriza tanto por el tipo de conexión a tierra del secundario del transformador de alimentación, como por el tipo de toma de tierra del equipo eléctrico. Existen tres sistemas de toma de tierra estandarizados a nivel internacional:

- Sistema TN
- Sistema TT
- Sistema IT

La toma de tierra es una conexión electroconductora con el suelo. Se distingue entre tierras de protección (PE) para la seguridad eléctrica y tierras de funcionamiento (FE) para otros propósitos. El sistema de conductor protector está formado por los conductores de tierra, los cables de conexión y los bornes adecuados. Todos los elementos del equipo eléctrico de alimentación de red deben estar conectados al sistema de conductores de protección para asegurar una conexión equipotencial. Esta conexión es una precaución esencial para la protección en caso de avería.







8014605/2015-07-07
Sujeto a cambio sin previo aviso

Sistema TN
El sistema TN es el tipo de red más frecuente en instalaciones de baja tensión. En este sistema, el punto neutro del transformador tiene una toma de tierra directa (tierra de servicio); los cuerpos de los equipos conectados están conectados al punto neutro del transformador mediante el conductor protector (PE). Según la sección del conductor, el conductor protector y los conductores N se disponen conjuntamente (sistema TNC) o como dos conductores independientes (sistema TNS).

Sistema TT
En un sistema TT, el punto neutro del transformador de alimentación está conectado a tierra como el sistema TN. El conductor protector conectado a los envolventes electroconductores de los equipos no se lleva hasta este punto neutro, sino que se conecta a tierra por separado. Los cuerpos de los equipos también pueden estar conectados a tierra mediante un conductor de tierra común de protección.
Por lo general, los sistemas TT solo se utilizan en combinación con disyuntores FI.
La ventaja del sistema TT reside en su mayor fiabilidad en distancias largas sobre tierra.

Sistema IT
En este sistema, los envolventes conductores de los equipos están conectados a tierra como en un sistema TT, pero el punto neutro del transformador de alimentación, no. Las instalaciones en las que la desconexión supone cierto peligro, y que, por lo tanto, no deben desconectarse por un solo contacto a masa o a tierra, se diseñan como sistemas IT.
En el campo de la baja tensión, los sistemas IT son obligatorios, por ejemplo, para la alimentación de quirófanos y unidades de cuidados intensivos de los hospitales.

→ Medidas de protección: IEC 60364-4-41, con adaptaciones nacionales variables

Dispositivo de desconexión de la red

Cada conexión a la red, ya sea de una máquina o de varias, debe contar con un dispositivo de desconexión. Su función consiste en desconectar el equipo eléctrico de la alimentación de red:

- Seccionador de carga para categorías de utilización CA-23B o CC-23B
- Seccionador con contacto auxiliar para la separación adelantada de la carga
- Desconectador para corte en carga
- Combinación de conectores macho y hembra hasta 16 A/3 kW

Determinados circuitos eléctricos, como los circuitos de control de los enclavamientos, no deben ser desactivados por el dispositivo seccionador. En este caso, deben tomarse precauciones especiales para garantizar la seguridad de los operadores.

Dispositivo de desconexión para impedir una puesta en marcha intempestiva

Durante los trabajos de mantenimiento, una puesta en marcha de la máquina o el restablecimiento del suministro eléctrico no deben comportar un peligro para el técnico de mantenimiento. Por lo tanto, deben proveerse formas de impedir un cierre involuntario o equivocado del dispositivo de desconexión de la red. Esto puede lograrse, por ejemplo, bloqueando con un candado un interruptor principal en la posición de desconexión (Off).

Este dispositivo de desconexión no es apropiado como medida de protección para intervenciones breves de servicio en la zona de peligro.

Protección contra descargas eléctricas

Clases de protección

La agrupación en clases de protección refleja con qué medios se consigue una seguridad intrínseca. Sin embargo, esta clasificación no es un indicador del grado de protección.

Clase de protección I
Pertenecen a la Clase de protección I todos los aparatos con aislamiento simple (aislamiento básico) y una conexión para conductor protector. El conductor protector debe conectarse al borne marcado con el símbolo correspondiente o PE y ser de color verde y amarillo.

Clase de protección II
Los equipos de Clase de protección II tienen un aislamiento reforzado o doble y carecen de conexión al conductor principal. Esta medida de protección también se conoce como aislamiento de protección. No debe conectarse un conductor protector.

Clase de protección III
Los equipos de Clase de protección III trabajan con baja tensión de protección y no precisan, por lo tanto, ninguna protección explícita.

Baja tensión de protección MBTS/MBTP

Por baja tensión de protección, o mejor dicho, de seguridad, se entienden tensiones alternas de hasta 50 voltios de valor eficaz (Vrms) y tensiones continuas de hasta 120 voltios. A partir de una tensión continua de 75 voltios, deben cumplirse también los requisitos de la Directiva de baja tensión.
Si se utiliza en recintos normalmente secos, puede obviarse la protección contra contacto directo (protección básica) si el valor eficaz de la tensión alterna no supera los 25 voltios o la tensión continua sin oscilaciones armónicas no supera los 60 voltios. La ausencia de oscilaciones armónicas se da cuando se superpone a la tensión continua una proporción de corriente alterna sinusoidal del 10% (efectivo) como máximo.
El circuito de baja tensión de protección debe aislarse de manera segura de otros circuitos eléctricos (espacios de aire y líneas de fuga suficientes, aislamiento, conexión de circuitos eléctricos con el conductor protector, etc.).
Se diferencia entre:

- MBTS (muy baja tensión de seguridad)
- MBTP (muy baja tensión de protección)

La baja tensión de protección no debe generarse a partir de la red con autotransformadores, divisores de tensión o resistores intercalados.

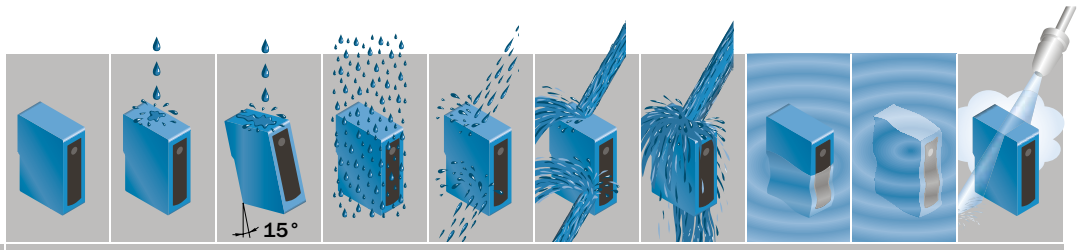
8014605/2015-07-07
Sujeto a cambio sin previo aviso

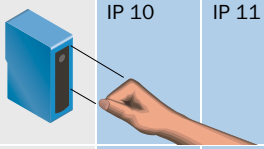
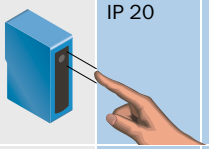
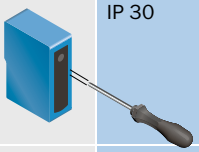
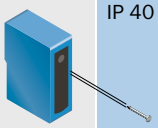
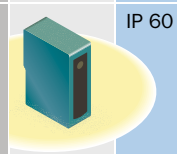
		MBT (CA < 50 V_{rms}, CC < 120 V)	
		MBTS	**MBTP**
Tipo de aislamiento	Fuentes de corriente	Fuentes de corriente con aislamiento seguro, p. ej., un transformador de seguridad o fuentes equiparables	
	Circuitos eléctricos	• Circuitos eléctricos con aislamiento seguro de otros circuitos eléctricos no MBTS o no MBTP • Circuitos eléctricos con aislamiento principal entre circuitos eléctricos MBTS y MBTP	
Conexión a tierra o a un conector protector	Circuitos eléctricos	Circuitos eléctricos sin toma de tierra	Circuitos eléctricos con o sin toma de tierra
	Envolventes	Los envolventes no deben estar conectadas a tierra ni a un conductor protector.	Los envolventes pueden estar conectados a tierra o a un conductor protector.
Medidas adicionales	Tensión nominal: • CA > 25 V o • CC > 60 V o • Equipos en el agua	Protección básica mediante aislamiento o envolturas normalizadas	
	Tensión nominal en entornos secos normales: • CA ≤ 25 V o • CC ≤ 60 V	No se requieren medidas adicionales	Protección básica mediante: • Aislamiento o envolturas normalizadas o • Conexión de elementos y partes activas con barras colectoras principales de tierra

→ Clases de protección: EN 50178
→ Seguridad de transformadores: serie EN-61588

Medidas y tipos de protección

Los tipos de protección describen la protección de un equipo contra la penetración de agua (vapor de agua) y cuerpos extraños (polvo). También describen la protección contra el contacto directo con elementos bajo tensión. Esta protección siempre es necesaria, incluso con bajas tensiones. Todos los elementos expuestos al contacto que todavía estén bajo tensión después de la desconexión, deben contar con el tipo de protección IP 2x; los armarios de distribución, con IP 54 como mínimo.



1. Cifra característica: Protección contra la penetración de cuerpos sólidos extraños		**2. Cifra característica:** Protección contra la penetración de agua (no contra el vapor de agua ni cualquier otro líquido)									
		IP ...0	**IP ...1**	**IP ...2**	**IP ...3**	**IP ...4**	**IP ...5**	**IP ...6**	**IP ...7**	**IP ...8**	**IP ...9K**
		Sin protección	Gotas de agua vertical	Gotas de agua inclinado	Agua pulverizada	Agua proyectada	Chorros de agua	Chorros de agua fuertes	Inmersión temporal	Inmersión prolongada	100 bar, 16 l/min., 80 °C
IP 0... Sin protección		IP 00									
IP 1... Tamaño del cuerpo extraño ≥ 50 mm Ø		IP 10	IP 11	IP 12							
IP 2... Tamaño del cuerpo extraño ≥ 12 mm Ø		IP 20	IP 21	IP 22	IP 23						
IP 3... Tamaño del cuerpo extraño ≥ 2,5 mm Ø		IP 30	IP 31	IP 32	IP 33	IP 34					
IP 4... Tamaño del cuerpo extraño ≥ 1 mm Ø		IP 40	IP 41	IP 42	IP 43	IP 44					
IP 5... Protección contra la penetración de polvo		IP 50			IP 53	IP 54	IP 55	IP 56			
IP 6... Totalmente estanca al polvo		IP 60					IP 65	IP 66	IP 67		IP 69K

➜ Tipos de protección proporcionados por los envolventes: EN 60529

8014605/2015-07-07
Sujeto a cambio sin previo aviso

Parada

Además de la parada de servicio, una máquina también debe poder pararse en caso de emergencia por motivos de seguridad.

Requisitos

- Cada máquina debe estar dotada de un dispositivo de mando para la parada de servicio de la máquina completa.
- Debe contar por lo menos con una función de parada de la Categoría 0. También pueden ser necesarias funciones de parada de las categorías 1 y 2 por requisitos de seguridad y de funcionamiento de la máquina.
- Una orden de parada de la máquina debe tener siempre prioridad frente a las órdenes de puesta en marcha. Si la máquina o sus componentes peligrosos se han parado, debe interrumpirse el suministro de energía del accionamiento.

Categorías de parada

Las exigencias de seguridad y funcionamiento de las máquinas hacen que las funciones de parada se agrupen en diferentes categorías. Las categorías de parada no deben confundirse con las categorías establecidas en ISO 13849-1.

Categoría de parada 0	Se desconecta la alimentación de energía a los elementos de accionamiento (parada incontrolada)
Categoría de parada 1	Se dispone la máquina en un estado seguro y solo entonces se corta la energía a los elementos de accionamiento
Categoría de parada 2	Se dispone la máquina en un estado seguro, pero no se corta la energía a los elementos de accionamiento

→ Véase también la sección “Parada en caso de emergencia” → 3-7

→ Categorías de parada, véase “Equipo eléctrico de las máquinas: IEC 60204-1”

Compatibilidad electromagnética (CEM)

La directiva CEM europea define la compatibilidad electromagnética como “la capacidad de que un dispositivo o un sistema funcione de forma satisfactoria en su entorno electromagnético sin introducir perturbaciones electromagnéticas intolerables para otros dispositivos o sistemas en ese entorno”.
La máquina y los componentes utilizados deben seleccionarse y verificarse de manera que resistan las perturbaciones previstas. Los componentes de seguridad deben cumplir unos requisitos más exigentes.
Las perturbaciones electromagnéticas pueden ser causadas por:

- Magnitudes que producen perturbaciones rápidas y transitorias de tipo eléctrico (ráfagas)
- Impulsos de tensión (picos), producidos, p. ej., al caer un rayo en la red
- Campos electromagnéticos
- Perturbaciones de alta frecuencia (cables próximos)
- Descargas electrostáticas (ESD)

Existen unos límites de perturbación para el ámbito industrial y el doméstico. En el ámbito industrial, los requisitos referentes a la propensión a perturbaciones son más elevados, pero los límites de emisión de perturbaciones también pueden ser más elevados. Por lo tanto, los componentes que cumplen las disposiciones de protección contra interferencias para el ámbito industrial pueden provocar perturbaciones radioeléctricas si se utilizan en el ámbito doméstico. En la siguiente tabla se muestran las intensidades mínimas de los campos perturbadores en distintos sectores de aplicación.
Intensidades mínimas típicas de los campos perturbadores en la banda de frecuencia de 900 a 2.000 MHz

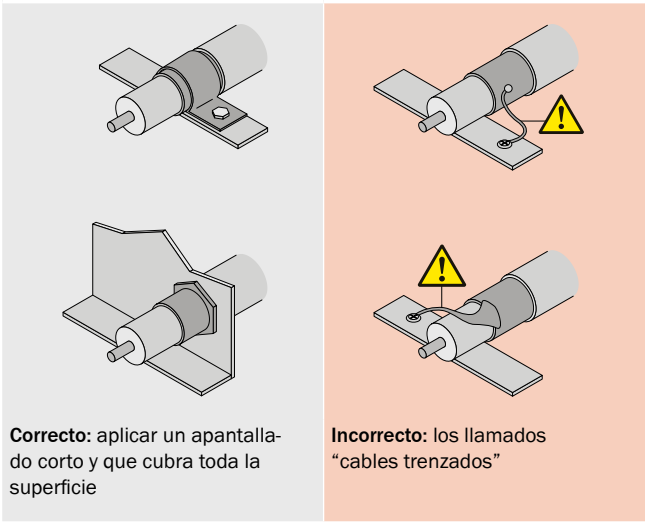
Campo de aplicación	Intensidad mínima del campo de perturbador compatible
Electrónica recreativa	3 V/m
Aparatos domésticos	3 V/m
Equipos informáticos	3 V/m
Equipos médicos	3 ... 30 V/m
Electrónica industrial	10 V/m
Componentes de seguridad	10 ... 30 V/m
Electrónica del automóvil	Hasta 100 V/m

Ejemplo: distancias típicas de sistemas de telefonía móvil para generar campos perturbadores de diferentes intensidades				
Campo de aplicación	**3 V/m**	**10 V/m**	**100 V/m**	**Anotación**
Estación DECT	Aprox. 1,5 m	Aprox. 0,4 m	≤ 1 cm	Estación base o equipo móvil
Teléfono móvil GSM	Aprox. 3 m	Aprox. 1 m	≤ 1 cm	Potencia máxima de transmisión (banda de 900 MHz)
Estación base GSM	Aprox. 1,5 m	Aprox. 1,5 m	Aprox. 1,5 m	Con una potencia de transmisión de aprox. 10 vatios

Las siguientes reglas básicas de diseño, ayudan a evitar problemas de CEM:

- Conexión equipotencial general mediante una conexión conductora entre componentes de la máquina y de la instalación
- Separación física de la sección de alimentación (alimentación de red, actuadores, convertidores de frecuencia)
- No conducir corriente equipotencial a través del apantallado
- Aplicar un apantallado corto y que cubra toda la superficie
- Conectar la tierra de función (FE) existente
- Terminar correctamente los cables de comunicación existentes. Para la transmisión de datos (bus de campo), a menudo se necesitan cables trenzados.

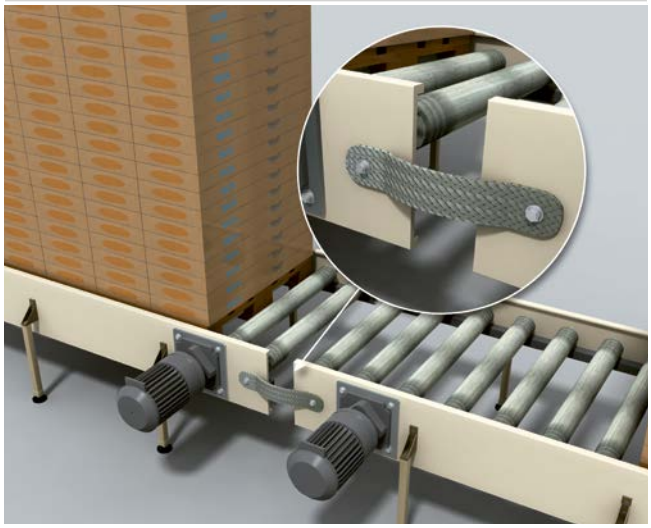
Ejemplo: aplicación correcta del apantallado



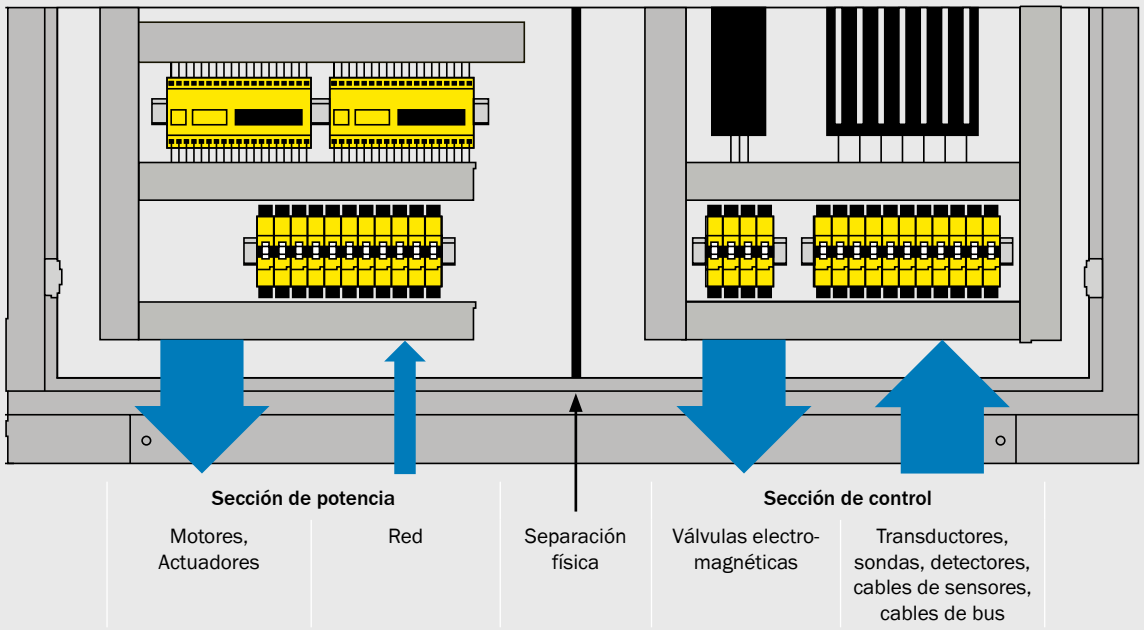
Correcto: aplicar un apantallado corto y que cubra toda la superficie

Incorrecto: los llamados “cables trenzados”

Ejemplo: establecer una conexión equipotencial



Ejemplo: separación física



→ Normas CEM: EN 61000-1 a -4
→ Requisitos de CEM para componentes de seguridad: IEC 61496-1, IEC 62061

Tecnología de fluidos

Tecnología de fluidos es un término genérico que agrupa todos los procedimientos en los que se transmite energía mediante gases o líquidos. Se utiliza este término genérico porque los líquidos y los gases se comportan de manera similar. La tecnología de fluidos describe procedimientos e instalaciones de transmisión de fuerza a través de fluidos presentes dentro de sistemas de conducción cerrados.

Subsistemas
Todas las instalaciones de fluidos cuentan con estos subsistemas:

- Compresión: compresor o bomba
- Tratamiento: filtro
- Alimentación: tuberías o tubos flexibles
- Control: válvula
- Impulsión: cilindro

En un sistema de tecnología de fluidos, la presión se genera impeliendo el fluido en contra de una carga. Cuanto mayor es la carga, mayor es la presión.

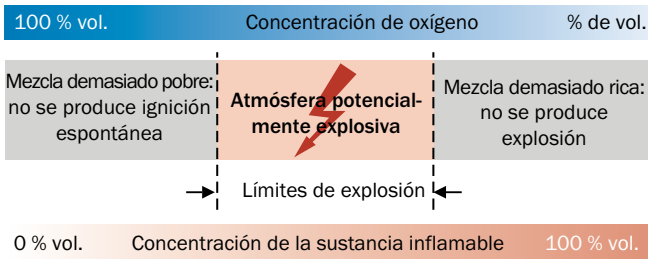
La tecnología de fluidos se utiliza en hidráulica (transmisión de energía mediante aceites hidráulicos) y en neumática (transmisión mediante aire comprimido). La oleohidráulica precisa un circuito de fluido (alimentación y retorno), mientras que en la neumática el aire saliente se descarga finalmente al entorno a través de insonorizadores.

Principios de diseño
Deben protegerse todos los componentes de un sistema para transmisiones hidráulicas y neumáticas contra presiones que excedan la presión máxima de trabajo de un subsistema o la presión nominal de un componente. Una fuga en un componente o en las tuberías o tubos flexibles no debe causar ningún peligro. Deben utilizarse insonorizadores para reducir los niveles de ruido causados por el aire de salida. El uso de insonorizadores no debe comportar ningún peligro adicional. Los insonorizadores no deben generar una contrapresión perjudicial.

Uso en atmósferas potencialmente explosivas

La protección contra explosiones es uno de los puntos más importantes para la seguridad. Una explosión supone un peligro para las personas, p. ej., debido a la emisión incontrolada de calor, las llamas, las ondas de presión y los fragmentos que salen proyectados, así como por los productos de reacción nocivos y la falta del oxígeno necesario para respirar. Las explosiones y los incendios no están entre las causas más frecuentes de accidentes laborales. Sin embargo, sus consecuencias son espectaculares y suelen comportar grandes pérdidas humanas y daños económicos.

Donde se fabrican, transportan, procesan o almacenan polvos, gases o líquidos inflamables, puede formarse una atmósfera explosiva, es decir, una mezcla de material combustible y oxígeno del entorno dentro de los límites de explosión. En cuanto hay una fuente de encendido, se produce la explosión.



2

Evaluación del alcance de las medidas de protección necesarias

Para evaluar el alcance de las medidas de protección necesarias, las atmósferas potencialmente explosivas se clasifican en zonas según la probabilidad de que se forme una atmósfera potencialmente explosiva. Véase el Anexo I de la Directiva 1992/92/CE.

Las indicaciones de la siguiente tabla no son válidas para la minería (a cielo abierto o bajo tierra).

Definición de zonas				
Para gases	**G**	Zona 2	Zona 1	Zona 0
Para polvos	**D**	Zona 22	Zona 21	Zona 20
Atmósfera potencialmente explosiva		Raramente, breve (< 10/año)	Ocasionalmente (10 – 100 h/año)	Constante, frecuente, prolongada (> 1000 h/año)
Medida de seguridad		Normal	Alta	Muy alta
Categoría de los aparatos utilizables (ATEX)				
1		II 1G/II 1D		
2		II 2G/II 2D		
3		II 3G/II 3D		

8014605/2015-07-07
Sujeto a cambio sin previo aviso

Distintivos

Los equipos deben haberse diseñado y verificado para su uso en estas zonas, y deben contar con los distintivos correspondientes.

Ex	II	2G	Ex ia	IIC	T4	**Ejemplo: distintivos de un equipo Ex conforme a ATEX**
					Clase de temperatura Utilizable a una temperatura de inflamación > 135 °C	
				Grupo de explosión Acetileno, sulfuro de carbono, hidrógeno		
			Principio de protección i = con seguridad intrínseca a = seguridad ante fallo doble			
		Categoría de los dispositivos (ATEX) Aplicable en la zona 1				
	Grupo de dispositivos No debe utilizarse en áreas amenazadas por grisú					
Distintivo de protección contra explosiones						

➜ Directiva ATEX: 1994/9/CE (válida hasta 19/04/2016), 2014/34/UE (válida hasta 20/04/2016)
➜ Normas: EN 1127-1, EN 60079-0

Resumen: Diseño seguro

Mecánica, electricidad y uso

- Ríjase por el principio de que el mejor medio de evitar los peligros es impedir que aparezcan.
- Diseñe la máquina de manera que los operadores deban permanecer el menor tiempo posible en la zona de peligro.
- Evite peligros causados directamente por la corriente eléctrica (contacto directo o indirecto) o indirectamente por fallos en el sistema de control.

Actuaciones en caso de emergencia, parada

- Diseñe un dispositivo de mando para la parada de servicio de toda la máquina.
- Utilice la parada de emergencia para detener un proceso o un movimiento peligroso.
- Utilice la parada de emergencia para desconectar de manera segura fuentes de energía que supongan un peligro.

CEM

- Diseñe las máquinas de manera que cumplan los requisitos de CEM. Los componentes utilizados deben seleccionarse y verificarse de manera que ...
  - sus emisiones electromagnéticas no influyan sobre otros aparatos o instalaciones.
  - por su parte, resistan las perturbaciones previsibles.

8014605/2015-07-07
Sujeto a cambio sin previo aviso

Paso 3: Medidas de protección técnicas

Las medidas de protección técnicas se implementan mediante:

- Dispositivos de protección que tienen una función de seguridad, p. ej., paneles, puertas, cortinas fotoeléctricas, dispositivos bimanuales
- Unidades de vigilancia y limitación (de posición, velocidad, etc.) o
- Medidas destinadas a reducir las emisiones.

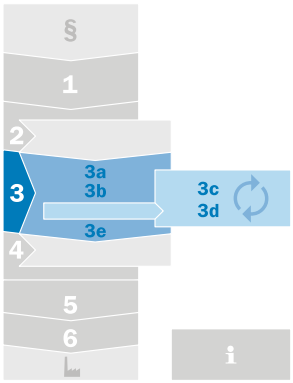
No todos los dispositivos de protección se integran en el control de la máquina. Un ejemplo sería un resguardo físico fijo (barreras, paneles). Diseñando correctamente estos dispositivos de protección, la mayor parte de los requisitos de seguridad ya se han cumplido.

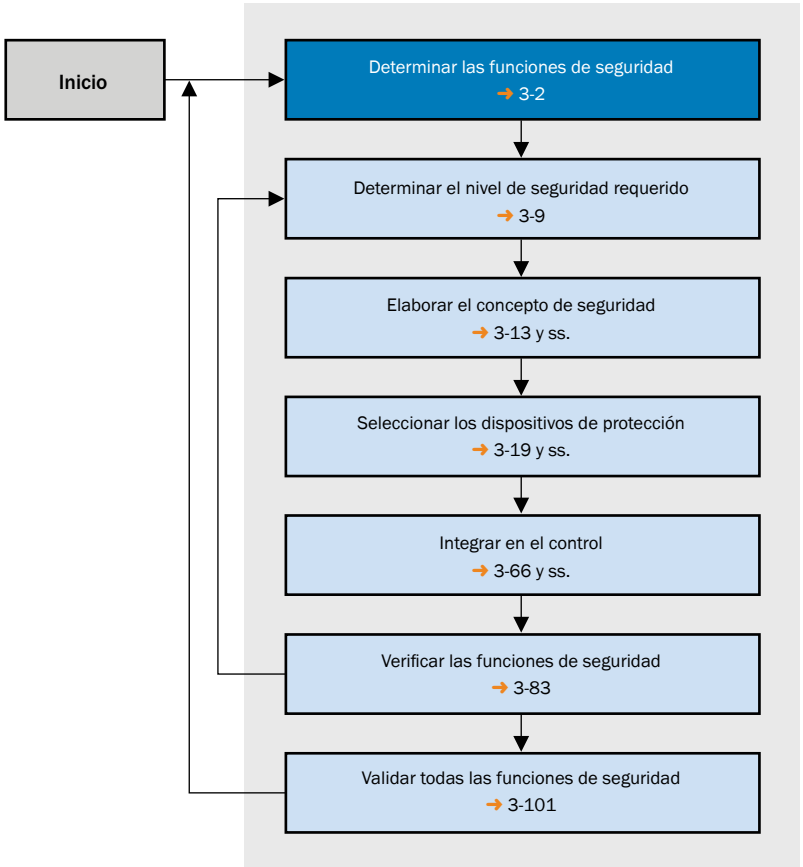
Seguridad funcional

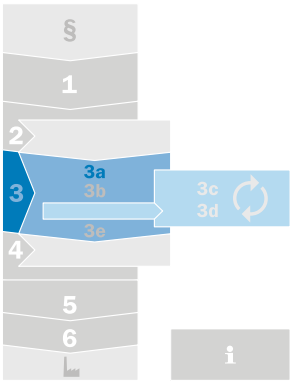
Se habla de seguridad funcional cuando la efectividad de una medida de protección depende del correcto funcionamiento de un control. Para conseguir la seguridad funcional, deben definirse funciones de seguridad y debe determinarse el nivel de seguridad requerido. A continuación, deben aplicarse y verificarse con los componentes adecuados.

Validación

La validación de todas las medidas de protección técnicas garantiza que las funciones de seguridad adecuadas funcionan de manera fiable.
El diseño de las medidas de protección y funciones de seguridad, así como los métodos para su aplicación con los sistemas de control, se tratan en los siguientes capítulos (pasos intermedios 3a - 3e).







3 a

En este capítulo ...

Paso 3a: Determinar las funciones de seguridad

Las funciones de seguridad definen la manera de reducir el riesgo a partir de medidas de seguridad técnicas. Debe definirse una función de seguridad para cada riesgo que no se haya podido eliminar por medios constructivos. Para lograr el nivel de seguridad necesario no suponga un esfuerzo excesivo, es necesario definir con precisión las funciones de seguridad. De esta definición se deduce el tipo y la cantidad de componentes necesarios para su activación.

➜ Ejemplos para la definición de funciones de seguridad: Informe BGIA 2/2008 sobre la seguridad funcional de control de las máquinas

Impedir el acceso de manera permanente

El acceso a un punto de peligro se impide con paneles, barreras u obstáculos mecánicos, también denominados resguardos físicos.

Ejemplos:

- Impedir el acceso directo a puntos de peligro mediante paneles
- Con resguardos físicos en forma de túnel que impiden acceder a los puntos de peligro, pero permiten el paso de materiales o mercancías (véase la imagen)
- Impedir el acceso del cuerpo en su totalidad a zonas de peligro mediante resguardos físicos

Impedir el acceso de manera temporal

Se impide el acceso a un punto de peligro hasta que la máquina se encuentre en un estado seguro.

Ejemplos:

- Si se solicita, se efectúa una parada de servicio. Cuando la máquina se encuentra en dicho estado seguro, el bloqueo del acceso ejecutado mediante fijación de seguridad se suprime.

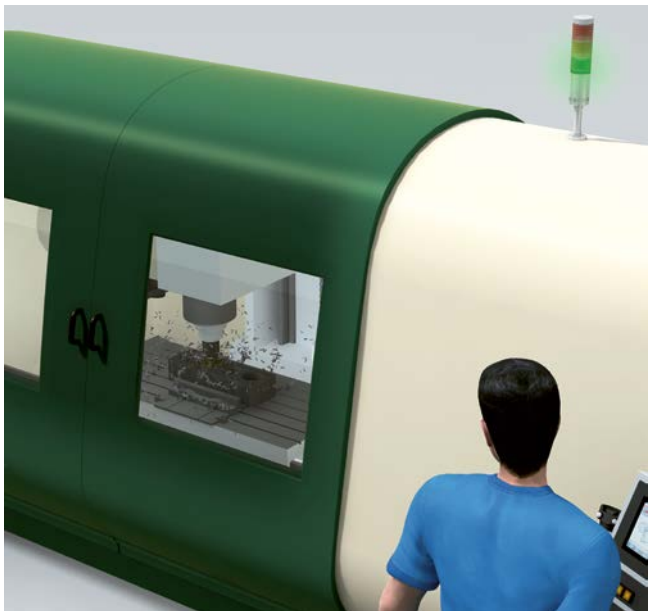
8014605/2015-07-07
Sujeto a cambio sin previo aviso

Detener piezas, sustancias y radiaciones

Si pueden salir piezas proyectadas de las máquinas o estas emiten radiaciones, deben utilizarse dispositivos de protección mecánicos (resguardos físicos) para evitar los riesgos que suponen.

Ejemplos:

- Una cubierta de protección con una ventana especial, en el caso de una fresadora, para proteger contra las virutas y los fragmentos de herramientas proyectados (véase la imagen)
- Una valla que detenga a un brazo robótico

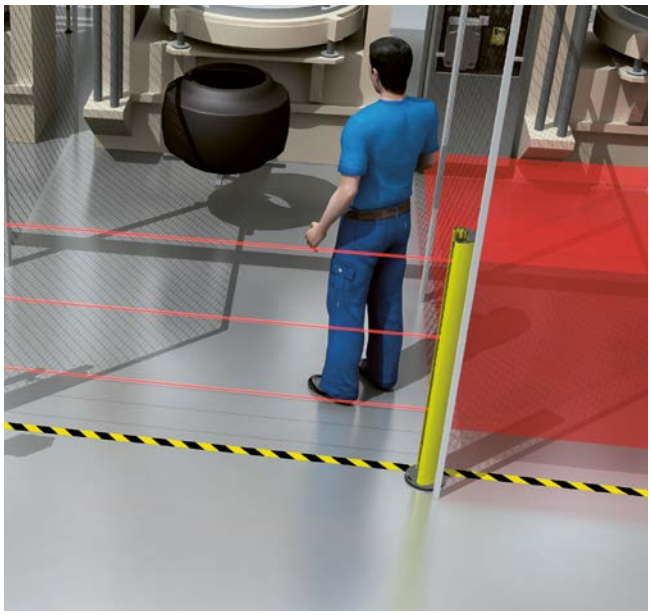


Provocar la parada

Cuando se requiere (p. ej., si se acerca una persona), una función de parada vinculada con la seguridad pone a la máquina en el estado seguro. Para reducir el tiempo de parada, puede ser conveniente diseñar la función de parada conforme a la categoría de parada 1 (IEC 60204-1 ➜ 2-9). Dado el caso, se precisan funciones de seguridad adicionales para impedir un rearranque intempestivo.

Ejemplos:

- Apertura de una puerta protectora con dispositivo de bloqueo sin fijación
- Interrupción de los haces de una barrera fotoeléctrica de seguridad multihaz que protege el acceso a la máquina (véase la imagen)

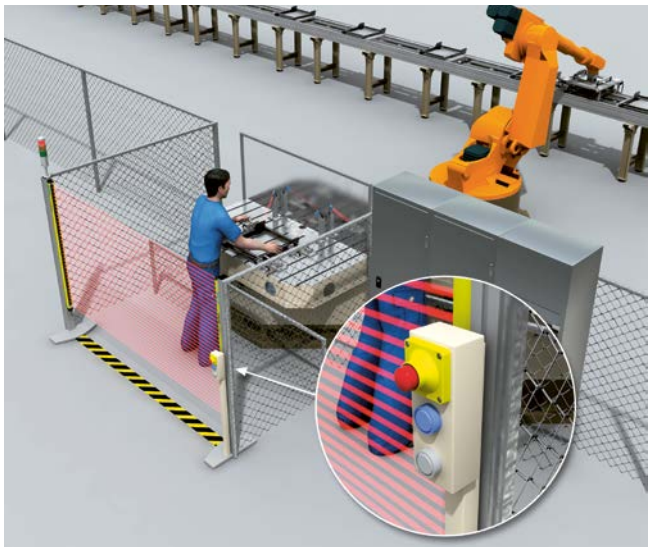


Evitar un arranque intempestivo

Tras activar la función “provocar la parada” o conectar la máquina, se precisan acciones deliberadas para poner la máquina en marcha, como el restablecimiento manual de un dispositivo de protección para preparar el rearranque de la máquina (véase también la sección “Restablecimiento y rearranque” ➜ 3-65).

Ejemplos:

- Restablecimiento de una barrera fotoeléctrica (véase la imagen: tecla azul “Reset”)
- Restablecimiento del sistema de parada de emergencia
- Rearranque de la máquina cuando todos los dispositivos de seguridad necesarios sean efectivos

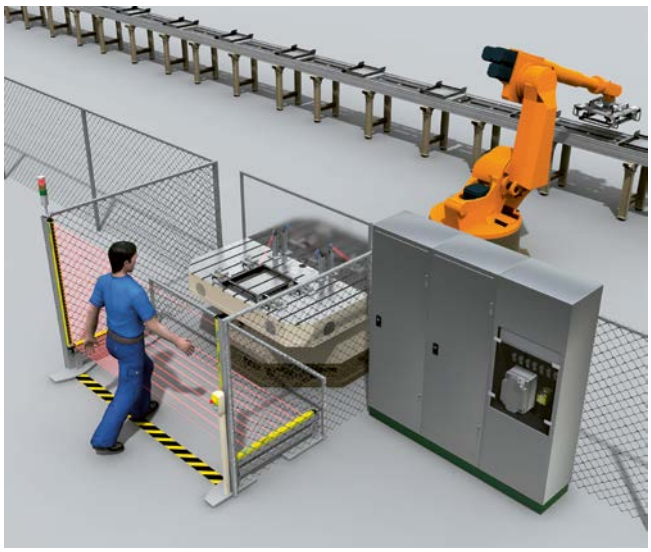


Impedir el arranque

Tras activarse la función de seguridad “provocar la parada”, se impide el arranque o el rearranque con medidas técnicas mientras haya personas en la zona de peligro.

Ejemplos:

- Sistemas de consignación mediante llave
- Detección en el campo de protección activo de una cortina fotoeléctrica de seguridad (véase la imagen). La función de “provocar la parada” activa la cortina fotoeléctrica de seguridad mediante su campo de protección.

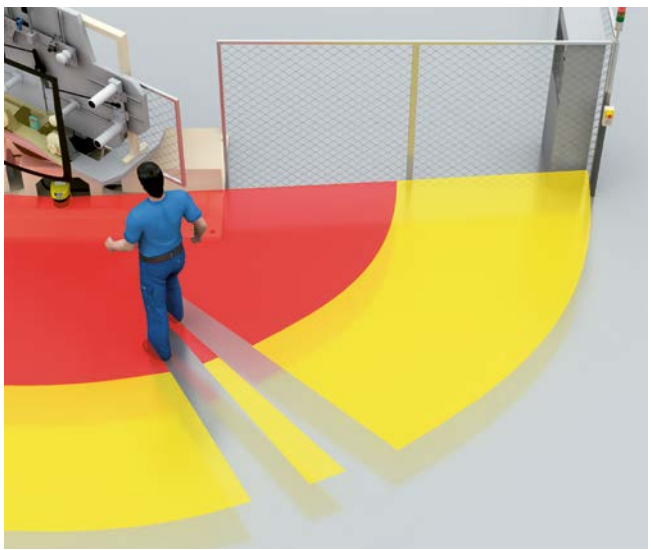


Combinación: provocar la parada e impedir el arranque

Con el mismo dispositivo de protección que provoca la parada, se impide el rearranque mientras haya personas o partes del cuerpo en la zona de peligro.

Ejemplos:

- Un dispositivo bimanual en puestos de trabajo con una sola persona
- El uso de una cortina fotoeléctrica para monitorizar el acceso por detrás o por los lados (protección de puntos de peligro)
- El uso de un escáner láser de seguridad que protege la zona (véase la imagen)



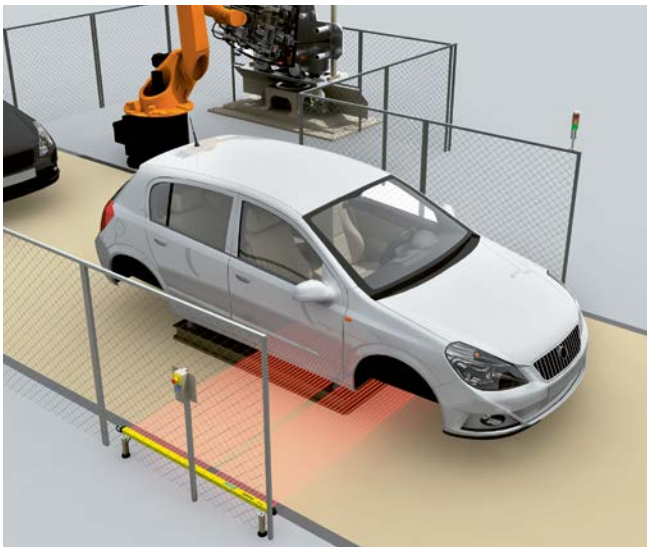
8014605/2015-07-07
Sujeto a cambio sin previo aviso

Permitir el paso de materiales

Para transportar materiales dentro y fuera de las zonas de peligro, se emplean características específicas de los materiales alimentados para reconocer los materiales o distinguir de manera automática entre personas y materiales. Cuando se transportan materiales, el dispositivo de protección no reacciona, pero sí detecta las personas.

Ejemplos:

- La selección y el posicionamiento adecuado de sensores permiten reconocer el material, y se anula temporalmente la función de seguridad (**muting**) durante el paso del material.
- Cortinas fotoeléctricas horizontales con un algoritmo integrado para **distinguir entre personas y materiales** (véase la imagen)
- Conmutación del campo de protección de un escáner láser de seguridad



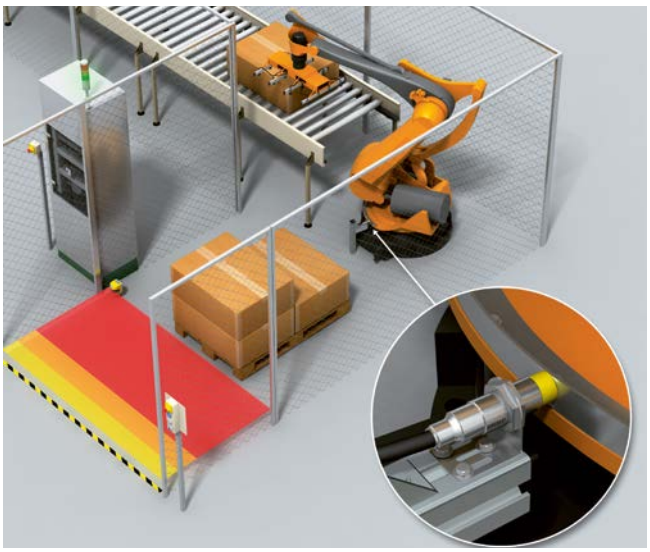
→ Podrá encontrar información detallada en la sección “Funciones integrables en dispositivos de protección sin contacto” → 3-38.

Monitorizar los parámetros de la máquina

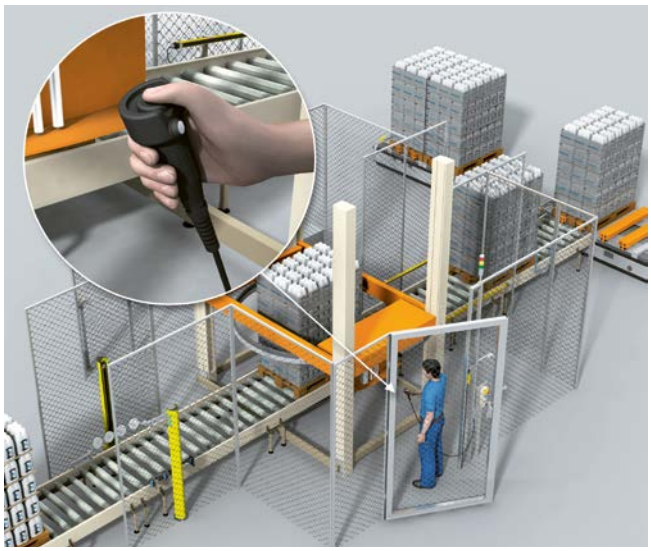
En algunas aplicaciones, es necesario monitorizar diversos parámetros de la máquina para que no excedan unos límites de seguridad. Si se supera uno de estos límites, se aplican las medidas apropiadas (p. ej., parada, señal de advertencia).

Ejemplos:

- Monitorización de la velocidad, la temperatura o la presión
- Monitorización de la posición (véase la imagen)



Desactivar funciones de seguridad manual y temporalmente de forma limitada



Si, durante las operaciones de ajuste o de estudio de procesos, la máquina ha de poder funcionar con los dispositivos de protección desactivados, deberán cumplirse los siguientes requisitos:

- Usar un interruptor selector de modos de funcionamiento con la posición de funcionamiento correspondiente
- El control automático debe estar bloqueado; no deberá producirse ningún movimiento que pueda actuar de modo directo o indirecto sobre los sensores
- Deberá evitarse el encadenamiento de órdenes.
- Las funciones peligrosas de la máquina solo podrán activarse mediante dispositivos que requieran un accionamiento continuo
  (p. ej., un pulsador de validación)
- Las funciones peligrosas de la máquina solo podrán activarse en condiciones de riesgo reducido (p. ej., con limitación de la velocidad, la trayectoria del movimiento y la duración del funcionamiento)

Ejemplos:

- Movimiento solo con pulsador de validación accionado con velocidad reducida

Combinar o cambiar las funciones de seguridad

Una máquina puede adoptar diferentes estados o trabajar en varios modos de funcionamiento. En estos casos pueden actuar medidas de seguridad diferentes o combinarse diversas funciones de seguridad. Debe garantizarse que se alcance siempre el grado de seguridad necesario. Una conmutación de modos de funcionamiento o la selección y adaptación de medidas de seguridad diferentes no deben causar un estado con potencial de riesgo.

Ejemplos:

- Después de cambiar el modo de funcionamiento de ajuste al modo de funcionamiento normal, se para la máquina. Se necesita de nuevo una orden de arranque manual.
- Adaptación del área de supervisión de un escáner láser a la velocidad del vehículo (véase la imagen)

Parada en caso de emergencia

La parada en caso de emergencia (parada de emergencia) es una medida de seguridad complementaria y no está destinada específicamente a la reducción de riesgos.
El nivel de seguridad requerido de esta función debe establecerse en función de la evaluación de riesgos de la máquina. Deben tenerse en cuenta especialmente las influencias ambientales, p. ej., vibraciones, tipo de accionamiento, etc. (véase también la sección "Actuaciones en caso de emergencia" ➜ 3-46).

➜ Véase IEC 60204-1 e ISO 13850

Indicadores y alarmas relevantes para la seguridad

Los indicadores relevantes para la seguridad son medidas destinadas a informar al usuario que advierten de peligros amenazantes (p. ej., número de revoluciones excesivo) o de posibles riesgos residuales. Este tipo de señales pueden utilizarse también para advertir a los operadores antes de que se activen medidas de protección automáticas.

- Los dispositivos de advertencia deben construirse y disponerse de modo que puedan comprobarse con facilidad.
- La información al usuario debe prescribir la necesidad de comprobar regularmente los dispositivos de advertencia.
- Debe evitarse el exceso de estímulo, especialmente en el caso de las alarmas acústicas.

Ejemplos:

- Indicadores de bloqueo
- Dispositivos de advertencia de arranque
- Luces indicadoras de muting

Otras funciones

Los dispositivos de seguridad también pueden cumplir otras funciones, aunque no se utilicen para la protección de personas. Esto no influye en las funciones de seguridad propiamente dichas.

Ejemplos:

- Protección de las herramientas o la máquina
- Funcionamiento cíclico (activación de ciclo ➜ 3-40 y ss.)
- El estado del dispositivo de protección se utiliza también para tareas de automatización (p. ej., la navegación)

Resumen: Determinar las funciones de seguridad

Determine las medidas necesarias para la reducción de riesgos:

- Impedir el acceso de manera permanente
- impedir el acceso de manera temporal
- Detener piezas, sustancias y radiaciones
- Provocar la parada
- Impedir el arranque
- Evitar un arranque intempestivo
- Combinación: provocar la parada e impedir el arranque
- Distinción entre personas y materiales
- Monitorizar los parámetros de la máquina
- Desactivar funciones de seguridad manual y temporalmente de forma limitada
- Combinar o cambiar las funciones de seguridad

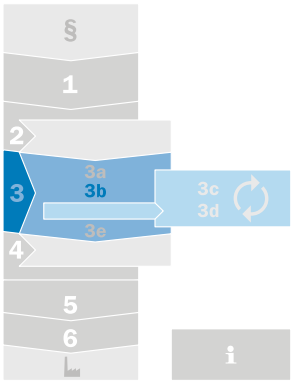
8014605/2015-07-07
Sujeto a cambio sin previo aviso

Paso 3b: Determinar el nivel de seguridad requerido

Por regla general, en las normas C (normas específicas de la máquina) se especifica el nivel de seguridad necesario para tipos concretos de máquinas. El nivel de seguridad necesario debe definirse individualmente para cada función de seguridad y es válido para todos los componentes implicados, como p. ej.:

- Sensores o dispositivos de protección
- Unidades lógicas de evaluación
- Actuadores

Si no se dispone de ninguna norma C para la máquina que usted construye, o si la norma C no contiene especificaciones al respecto, una vez realizada la evaluación de riesgos pertinentes, el nivel de seguridad necesario puede determinarse a partir de una de las normas siguientes:



→ ISO 13849-1
→ IEC 62061

Con la aplicación de normas se garantiza que el esfuerzo de implementación sea razonable en relación a un riesgo determinado.
La protección de un operador que introduce manualmente piezas en una prensa de metales o las extrae de ella debe plantearse de una manera diferente a la de un segundo que trabaja con una máquina cuyo mayor riesgo es que le atrape un dedo.
Además, una misma máquina puede tener diferentes puntos de peligro (con diferentes riesgos) en función de la fase de vida útil en que se encuentre. En este caso, deben determinarse las funciones de seguridad para cada fase y riesgo por separado.

Los parámetros siguientes de la valoración de riesgos constituyen la base de todas las normas:
El grado de la posible lesión o del posible daño para la salud, la frecuencia y duración de la exposición al peligro y la posibilidad de evitar el peligro. La combinación de estos parámetros determina el nivel de seguridad requerido.
Al aplicar los procedimientos descritos en estas normas para determinar el nivel de seguridad, se considera la máquina sin dispositivos de protección.

3 b

En este capítulo ...

Nivel de prestaciones requerido (Performance Level) según ISO 13849-1

Esta norma también utiliza un gráfico de riesgo para determinar el nivel de seguridad requerido. Para determinar el nivel de riesgo, se utilizan los parámetros S, F y P.

El resultado del procedimiento es un “nivel de prestaciones requerido” (PLr: required Performance Level).

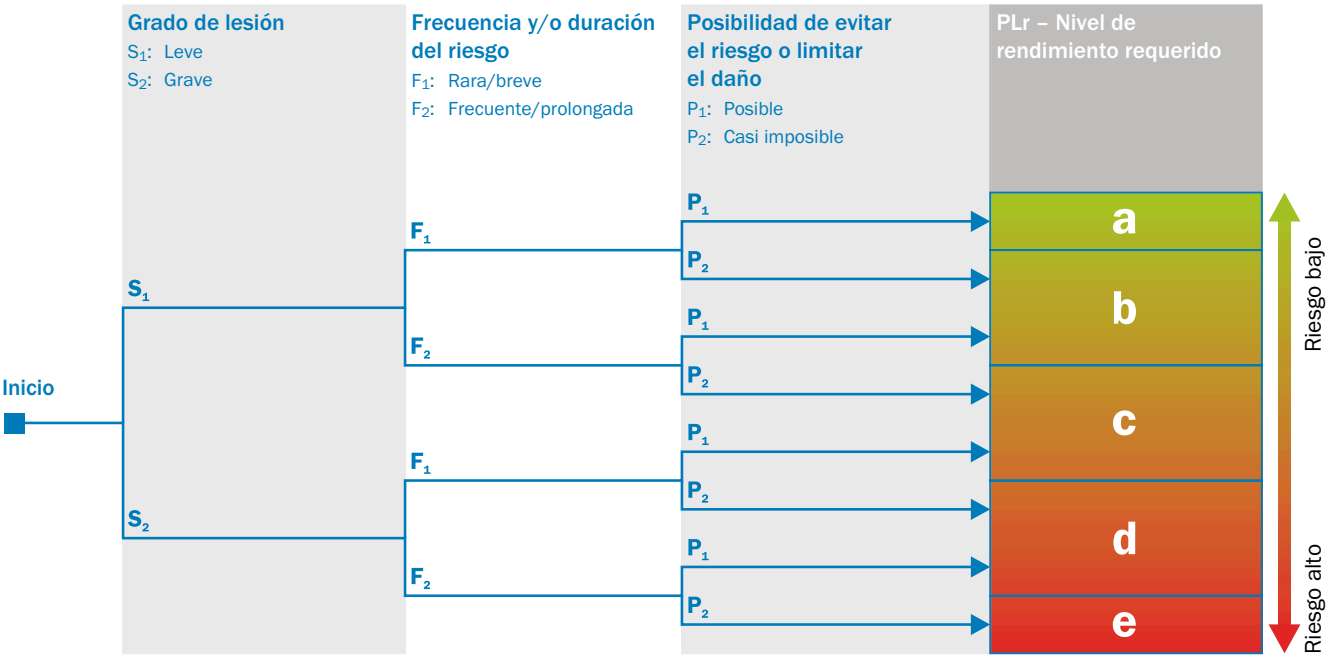


Gráfico de riesgos según ISO 13849-1

El nivel de prestaciones está dividido en cinco fases discretas. El nivel de prestaciones depende de la estructura del sistema de control, la fiabilidad de los componentes utilizados, la capacidad de detectar fallos así como la resistencia a fallos en controladores multicanal debidos a una causa común (véase la sección “Factores de seguridad de los subsistemas” ➜ 3-16). Además, se requieren medidas adicionales para evitar errores de diseño.

Nivel de integridad de seguridad requerido (SIL) según IEC 62061

El procedimiento empleado en este caso es de tipo numérico. Se valoran la magnitud de los daños, la frecuencia o el tiempo de permanencia en la zona de peligro y la posibilidad de evitarlo. Además, se tiene en cuenta la probabilidad de que se produzca el evento de riesgo. El resultado es el nivel de integridad de seguridad requerido (SIL).

Efectos	Magnitud de los daños S	Clase K = F + W + P				
		4	5-7	8-10	11-13	14-15
Muerte, pérdida de un ojo o un brazo	4	SIL2	SIL2	SIL2	SIL3	SIL3
Permanentes, pérdida de dedos	3			SIL1	SIL2	SIL3
Reversibles, tratamiento médico	2				SIL1	SIL2
Reversibles, primeros auxilios	1					SIL1

Frecuencia [1] del evento de riesgo F	
F ≥ 1 × por hora	5
1 × por hora > F ≥ 1 × por día	5
1 × por día > F ≥ 1 × cada 2 semanas	4
1 × cada 2 semanas > F ≥ 1 × por año	3
1 × por año > F	2

Probabilidad de que se produzca el evento de riesgo W	
Frecuente	5
Probable	4
Posible	3
Rara	2
Despreciable	1

Posibilidad de evitar el evento de riesgo P	
Imposible	5
Posible	3
Probable	1

1) Aplicable para permanencias de más de 10 minutos

El SIL se establece de la siguiente manera:

1. Determinar la magnitud de los daños S.
2. Puntuar la frecuencia F, la probabilidad de que ocurra W y la posibilidad de evitar el riesgo P.
3. Calcular la clase K mediante la suma F + W + P.
4. El SIL requerido es el punto de intersección entre la fila “magnitud de los daños S” y la columna “Clase K”.

El SIL está dividido en tres fases discretas. El SIL implementado depende de la estructura del sistema de control, la fiabilidad de los componentes utilizados, la capacidad de detectar fallos así como la resistencia a fallos en controladores multicanal debidos a una causa común. Además, se requieren medidas adicionales para evitar errores de diseño (véase la sección “Factores de seguridad de los subsistemas” ➜ 3-16).

Ámbito de aplicación de la norma ISO 13849-1 y la norma IEC 62061

Tanto la norma ISO 13849-1 como la norma IEC 62061 definen requisitos para el diseño y la ejecución de los componentes de los controles importantes para la seguridad. El usuario puede seleccionar la norma relevante aplicable a la tecnología empleada basándose en la tabla contigua.

Tecnología	ISO 13849-1	IEC 62061
Sistemas hidráulicos	Aplicable	No aplicable
Neumática	Aplicable	No aplicable
Sistema mecánico	Aplicable	No aplicable
Sistema eléctrico	Aplicable	Aplicable
Electrónica	Aplicable	Aplicable
Electrónica programable	Aplicable	Aplicable

Resumen: Determinar el nivel de seguridad requerido

General

- Determine el nivel de seguridad requerido para cada función de seguridad.
- El nivel de seguridad requerido se establece con los parámetros “grado de la posible lesión”, “frecuencia y duración de la exposición al peligro” y “posibilidad de evitar el peligro”.

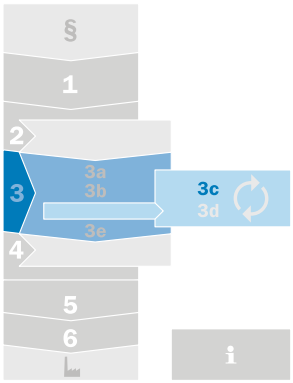
Normas aplicables

- Para determinar el nivel de seguridad requerido, la Norma EN ISO 13849-1 emplea un gráfico de riesgo. El resultado del procedimiento es un “nivel de prestaciones requerido” (PLr).
- La Norma ISO 13849-1 también puede aplicarse a sistemas hidráulicos, neumáticos y mecánicos.
- La norma IEC 62061 utiliza un procedimiento numérico. El resultado es un nivel de integridad de la seguridad requerido (SIL).

8014605/2015-07-07

Paso 3c: Diseñar la función de seguridad

Los pasos 3c y 3d describen el diseño y la verificación de funciones de seguridad con la selección de la tecnología adecuada y los dispositivos de protección y componentes apropiados. De ser necesario, estos pasos deben repetirse en un proceso iterativo.



Debe comprobarse en cada ciclo si la tecnología elegida ofrece suficiente seguridad y es técnicamente factible, o si su uso comporta riesgos distintos o adicionales.

Elaborar el concepto de seguridad

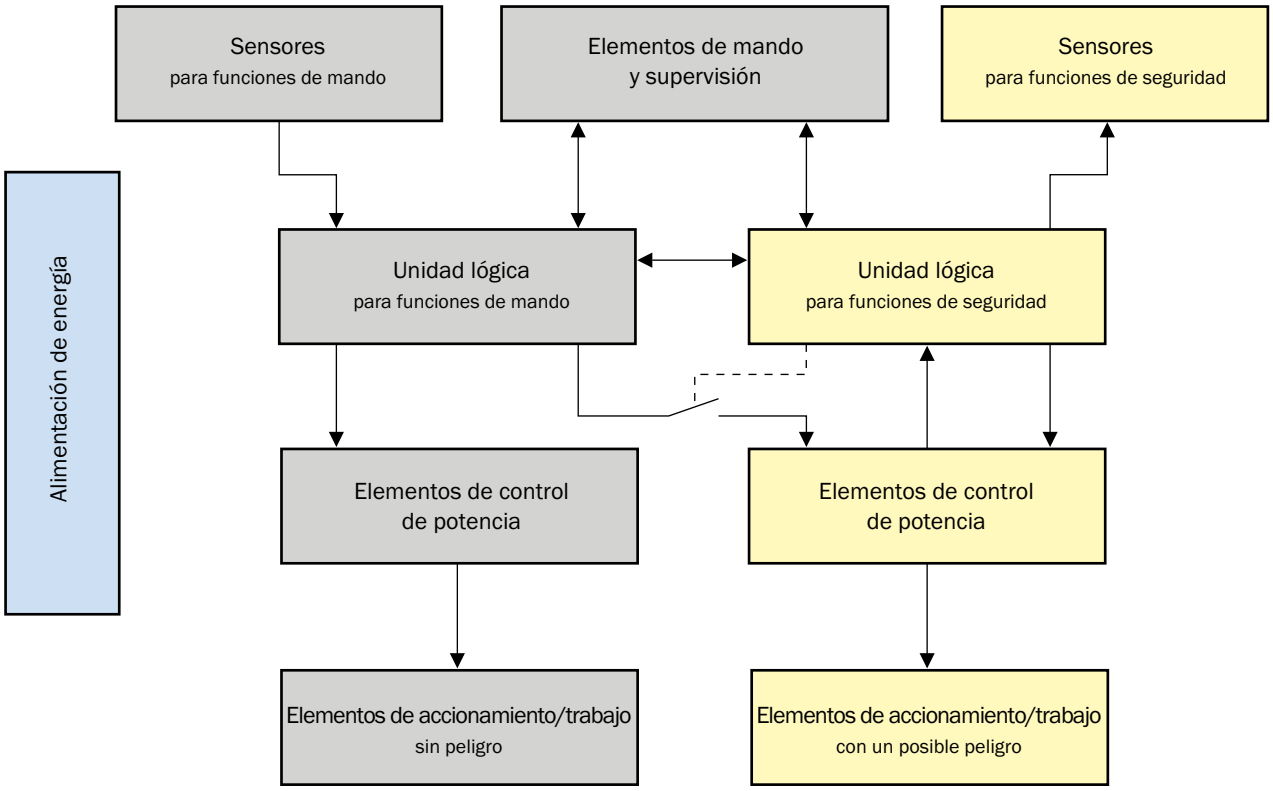
Una máquina o instalación consta de distintos componentes que interactúan para garantizar el funcionamiento de una máquina o instalación. En este contexto, los componentes puramente operativos deben diferenciarse de los que desempeñan funciones de seguridad.

→ Detalles sobre el concepto de seguridad: Informe BGIA 2/2008, sobre la “seguridad funcional del sistema de control de las máquinas” en www.dguv.de/ifa/de/pub

3 c

En este capítulo ...

Estructura funcional del control de una máquina



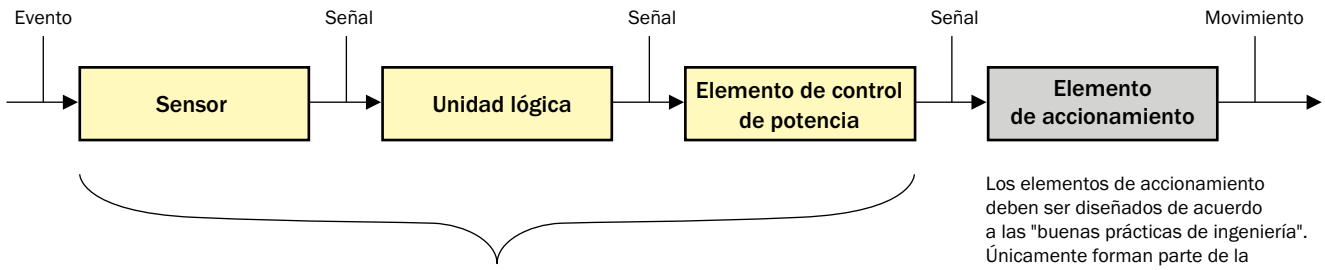
Los componentes de seguridad de los sistemas de control, p. ej., sensores, unidades lógicas, elementos de control de potencia y elementos de accionamiento y trabajo, deben seleccionarse en consonancia con las funciones de seguridad y el nivel de seguridad requerido. Esta selección toma normalmente la forma de un concepto de seguridad.

Una función de seguridad puede implementarse mediante uno o más componentes de seguridad. Varias funciones de seguridad pueden compartir uno o más componentes. Los sistemas de control deben configurarse de forma que se eviten situaciones peligrosas. Solamente se debe poder poner en marcha una máquina accionando intencionadamente un dispositivo de mando previsto a tal fin.

Si el rearranque de la máquina supone un peligro, debe quedar descartado técnicamente cuando se conecte la tensión de alimentación.

Si el rearranque no supone ningún peligro, puede efectuarse sin intervención del operador (automáticamente).

Subsistemas de los elementos de seguridad de un sistema de control de las máquinas



Subsistemas de los elementos de seguridad de un sistema de control de las máquinas

Los elementos de accionamiento deben ser diseñados de acuerdo a las "buenas prácticas de ingeniería". Únicamente forman parte de la función de seguridad si su fallo pudiera comportar un peligro (p. ej., ejes suspendidos).

8008007/2015-07-07
Sujeto a cambio sin previo aviso

Factores de decisión

Al elaborar el concepto de seguridad deben tenerse en cuenta las características siguientes:

- Características de la máquina
- Características del entorno
- Factores humanos
- Características del diseño
- Características de los dispositivos de protección (➜ 3-19)

Independientemente de estas características, hay que establecer qué dispositivos de protección deben integrarse y cómo.

Características de la máquina

Deben tenerse en cuenta las siguientes características de la máquina:

- Su capacidad de detener en todo momento el movimiento peligroso (de no ser posible, utilizar resguardos físicos o rechazadores)
- Su capacidad de detener el movimiento peligroso sin provocar otros peligros (de no ser posible, elegir otro diseño o dispositivo de protección)
- Un posible peligro por la proyección de piezas (de existir, utilizar resguardos físicos)
- Sus tiempos de parada (fundamentales para garantizar la efectividad del dispositivo de protección)
- La posibilidad de supervisar el tiempo de parada o el recorrido de inercia (es necesario si pueden producirse cambios por el envejecimiento o el desgaste de las piezas)

Características del entorno

Deben tenerse en cuenta las siguientes características del entorno:

- Perturbaciones electromagnéticas, radiación de interferencias
- Vibraciones y sacudidas
- Luz ambiente, luz parásita de los sensores, chispas de soldadura
- Superficies reflectantes
- Suciedad (niebla, virutas)
- Rango de temperatura
- Humedad, condiciones meteorológicas

Factores humanos

Deben tenerse en cuenta los factores humanos siguientes:

- Cualificación previsible del operador de la máquina
- Circulación previsible de personas
- Velocidad de aproximación (K)
- Posibilidad de eludir los dispositivos de protección
- Uso incorrecto previsible

Características del diseño

Se recomienda siempre implementar las funciones de seguridad con componentes de seguridad certificados. De esta manera se simplifica el proceso de diseño y la verificación posterior. Varios subsistemas ejecutan una función de seguridad. En muchas ocasiones no es posible construir un subsistema solo con componentes de seguridad certificados que ya indiquen su nivel de seguridad (PL/SIL), sino que deben construirse combinando varios elementos discretos. En este caso, el nivel de seguridad depende de diferentes magnitudes.

Factores de seguridad de los subsistemas

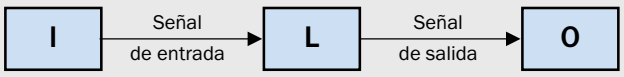
El nivel de seguridad de un subsistema depende de factores como los siguientes:

- Estructura
- Fiabilidad de los componentes y dispositivos
- Cobertura de diagnóstico para la localización de fallos
- Resistencia a fallos por causas comunes
- Proceso

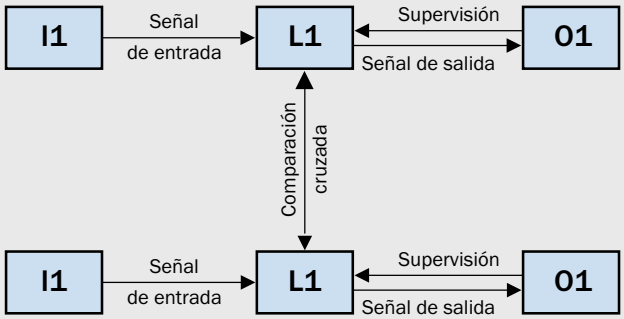
Estructura

Para reducir la vulnerabilidad de un componente de seguridad ante fallos a partir de una mejora en la estructura, se pueden ejecutar las funciones de seguridad desde varios canales en paralelo. En el campo de la seguridad de las máquinas, son habituales los componentes de seguridad de dos canales (véase la imagen siguiente). Cualquiera de los canales puede detener el estado con potencial de riesgo. Los dos canales también pueden tener una construcción diferente (un canal formado por componentes electromecánicos y el otro exclusivamente electrónico). En lugar de constituir un segundo canal equiparable, este también puede desempeñar solamente una función de supervisión.

Componente de seguridad de canal único



Componente de seguridad de dos canales

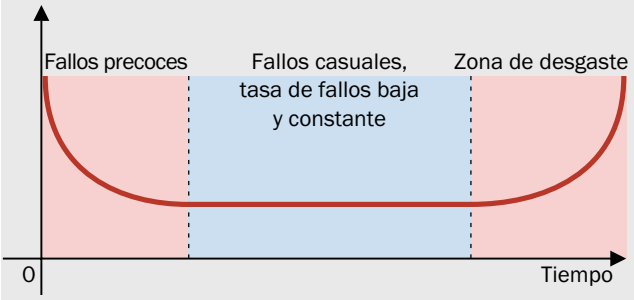


Fiabilidad de los componentes y dispositivos

Cada avería de un componente de seguridad interfiere en la marcha de la producción. Por lo tanto, es importante utilizar componentes fiables. Cuanto mayor es la fiabilidad, menor es la probabilidad de que se produzca una avería peligrosa. Los datos de fiabilidad son una referencia de los fallos fortuitos durante la vida útil y suelen expresarse de la manera siguiente:

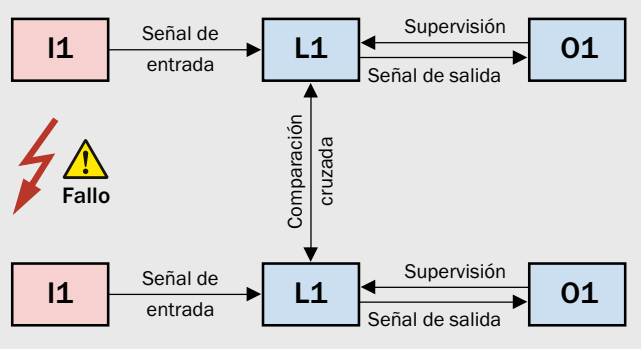
- Para componentes electromecánicos o neumáticos: **valores B_{10}**. En estos componentes, la vida útil depende de la frecuencia de conmutación. B_{10} indica el número de ciclos de conmutación tras los cuales falla un 10% de los componentes.
- Para componentes electrónicos: **la tasa de fallos λ** (valor lambda). A menudo, la tasa de fallos se indica en FIT (fallos en un tiempo determinado). Un FIT es un fallo cada 10^9 horas.

Tasa de fallos λ (curva de bañera)



8008007/2015-07-07
Sujeto a cambio sin previo aviso

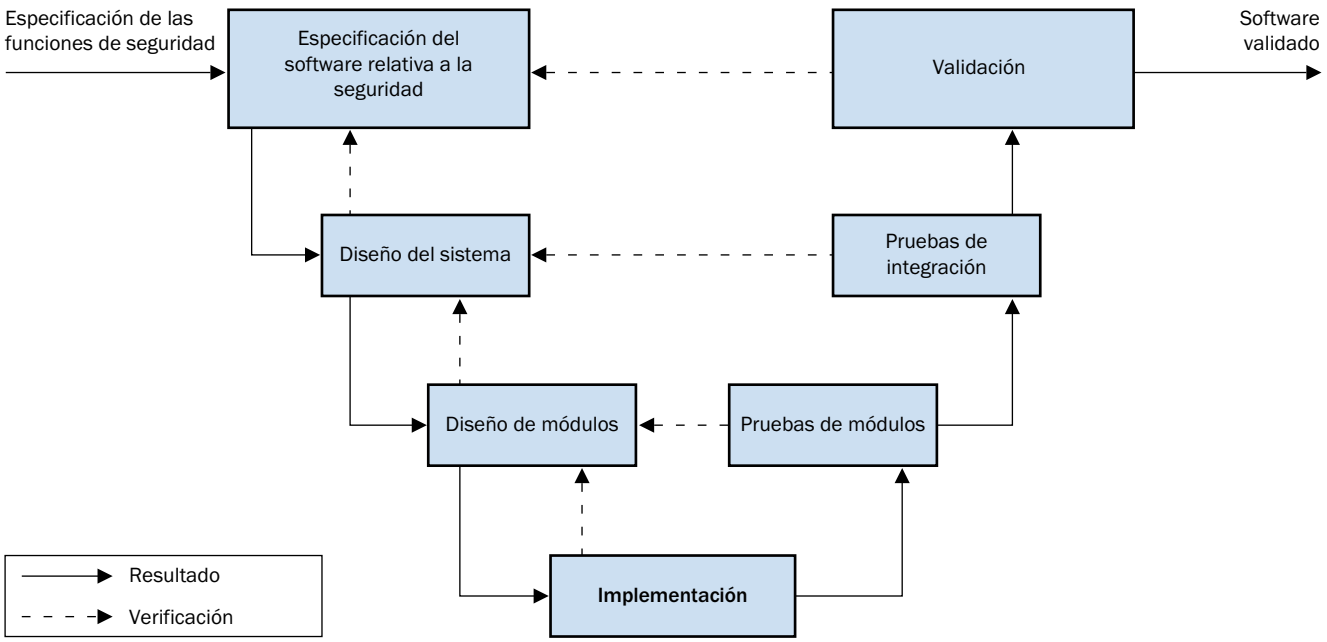
Cobertura de diagnóstico para la localización de fallos
Determinados fallos pueden localizarse con medidas de diagnóstico, como la supervisión recíproca, la supervisión de la corriente y de la tensión, las funciones de guardián (watchdog), la prueba breve de funcionamiento, etc.
Sin embargo, no todos los fallos pueden localizarse, por lo que debe determinarse la tasa de localización de fallos. Para ello puede efectuarse un análisis modal de fallos y efectos (FMEA, siglas inglesas de Failure Mode Effects Analysis). Para realizar diseños complejos son de utilidad las medidas y los valores de las normas que se basan en la experiencia.



Resistencia a fallos por causa común
Se habla de fallos por causas comunes cuando una perturbación, por ejemplo, causa el fallo simultáneo de ambos canales. En estos casos deben tomarse medidas apropiadas, p. ej., la conducción aislada de los cables, circuitos de protección, componentes de distintos tipos, etc.

Proceso
El proceso comprende los siguiente elementos de influencia:
- Organización y competencia
- Reglas de diseño (p. ej. documentos de especificaciones, directrices de codificación)
- Concepto y criterios de comprobación
- Documentación y gestión de configuraciones

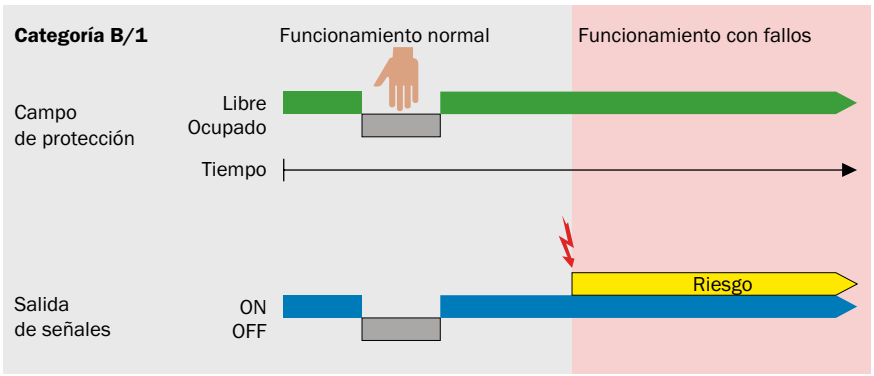
En el campo de la tecnología de seguridad, ha demostrado ser especialmente adecuado para el diseño de software un proceso conforme al modelo en V (véase la imagen).



Consideración* según ISO 13849-1

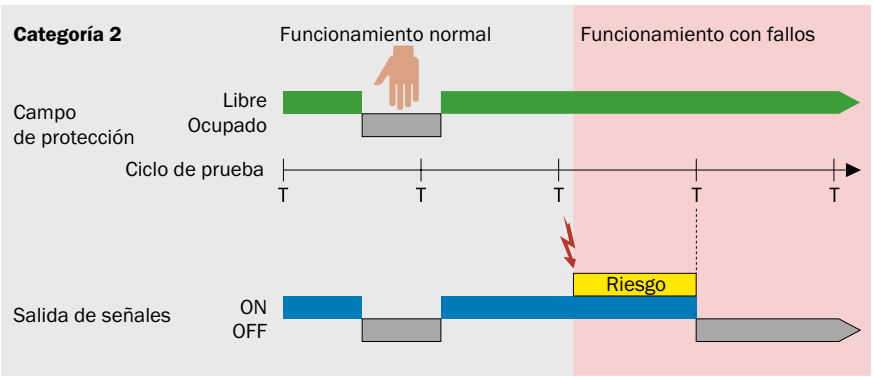
Esta estructura se describe en la norma ISO 13849-1 mediante las categorías que se representan a continuación.

* Observación: una función de seguridad se define como función cuyo fallo puede producir un aumento directo del riesgo.
Por ello, la pérdida de la función de seguridad debe considerarse como la presencia de un riesgo mayor.



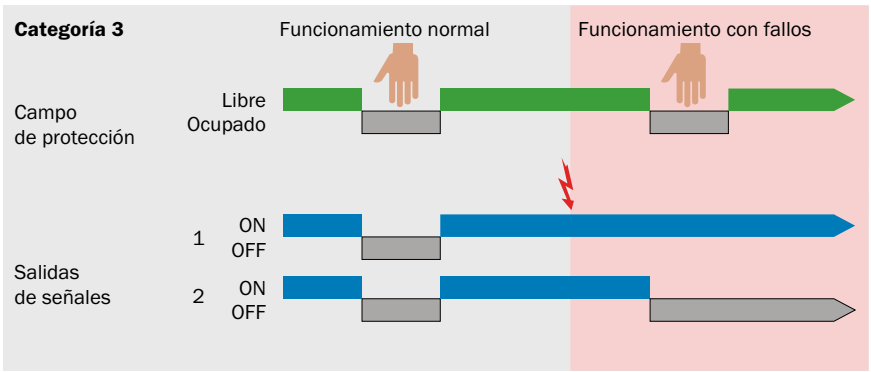
Categoría B/categoría1

Sin localización de fallos. Si se producen, comportan un riesgo.
Puede minimizarse el riesgo con componentes fiables y probados (categoría 1).



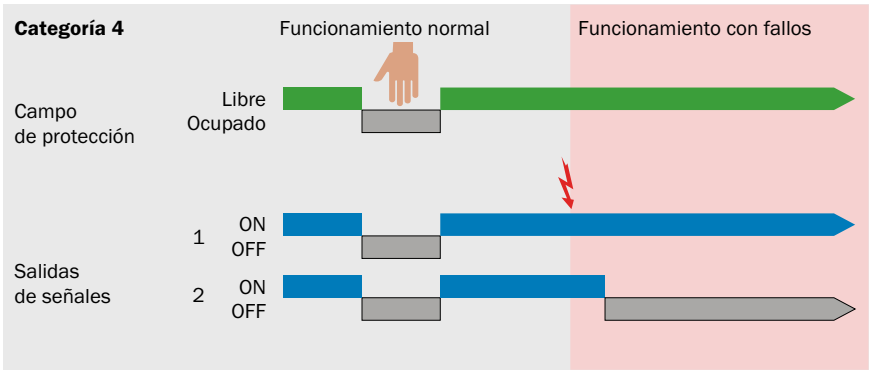
Categoría 2

Los fallos se detectan mediante una prueba. Entre el momento en que se produce el fallo y la siguiente prueba, existe un riesgo. Hay que respetar la tasa de riesgos según ISO 13849-1.



Categoría 3

En caso de que se produzca un fallo, se mantiene la función de seguridad.
El fallo se localiza al ejecutar la función de seguridad o en la siguiente prueba.
Una acumulación de fallos comporta un riesgo.



Categoría 4

Aunque se produzca un fallo, se mantiene la función de seguridad.
A diferencia de la categoría 3, los fallos que siguen al inicial (si no se localizó) no deben comportar la pérdida de la función de seguridad.

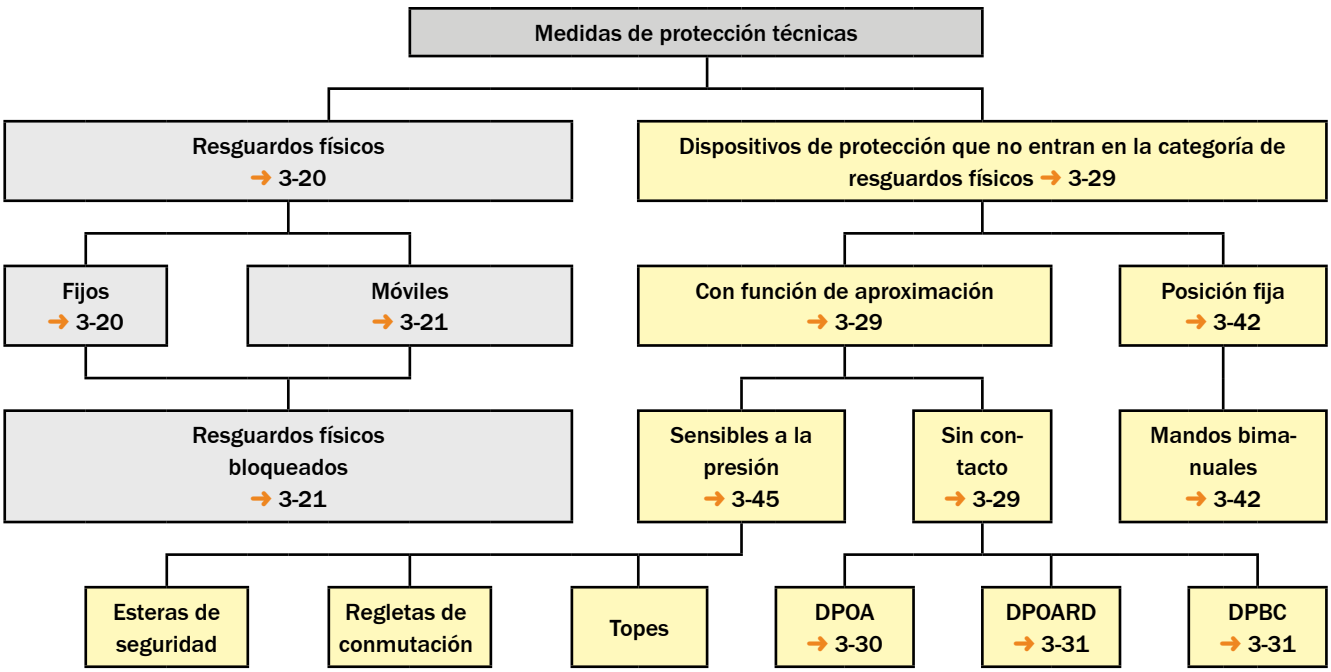
Características de los dispositivos de protección

Las características de los dispositivos de protección que deben tenerse en cuenta son las siguientes:

- Propiedades y aplicaciones de los dispositivos de protección (sin contacto, separadores, etc. (➜ 3-19y ss.)
- Posición y dimensiones de los dispositivos de protección (➜ 3-47)
- Integración en el sistema de control (➜ 3-66)

Las secciones siguientes describen detalladamente estos puntos.

Tecnología, selección y aplicación de dispositivos de protección



Resguardos físicos

Los resguardos físicos son dispositivos mecánicos que impiden o evitan el acceso directo a los puntos de peligro con partes del cuerpo. Pueden ser de tipo fijo o móvil. Los resguardos físicos son paneles, vallas, barreras, tapas, puertas protectoras, etc. Los paneles y las cubiertas impiden el acceso desde todas las direcciones. Las rejas de protección se utilizan normalmente para impedir el acceso de todo el cuerpo. Los cierres, por el contrario, solo evitan el acceso involuntario a los puntos de peligro.
La función de seguridad es esencial para diseñar los resguardos físicos. Debe determinarse si el resguardo, p. ej., solo tiene que impedir el acceso o detener también piezas y radiaciones.

Ejemplo de piezas que pueden salir proyectadas:
- Fragmentos de herramientas al romperse o reventar (muelas abrasivas, taladros)
- Materiales emitidos (polvo, virutas, astillas, partículas)
- Sustancias con riesgo de fuga (aceite hidráulico, aire comprimido, lubricantes, sustancias de trabajo)
- Piezas despedidas por el fallo de un sistema de agarre o sujeción

Ejemplos de radiaciones:
- Emisiones térmicas del propio proceso o de los productos (superficies calientes)
- Radiación de luz láser y fuentes de IR o UV
- Radiación de partículas o iones
- Campos electromagnéticos intensos, dispositivos de alta frecuencia
- Alta tensión en sistemas de verificación o sistemas para la descarga electroestática (rieles de papel y plástico)

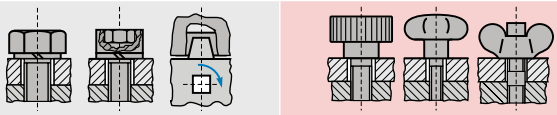
Los requisitos mecánicos para los resguardos físicos encargados de detener radiaciones, materiales o sustancias, suelen ser más estrictos que los que han de impedir el acceso de personas.
Los daños (rotura o deformación) en un resguardo físico son permisibles en aquellos casos en que la evaluación de riesgos revele que no comportarían ningún peligro adicional.

Requisitos fundamentales para los resguardos físicos
- Para que los resguardos resistan los esfuerzos del entorno previsibles en el servicio, deben ser lo suficientemente resistentes y duraderos. Los resguardos físicos deben conservar sus propiedades durante toda la vida útil de la máquina.
- No deben causar ningún peligro adicional.
- No deben poder eludirse o desactivarse con facilidad.
- No deben dificultar la observación de las operaciones de trabajo más de lo necesario, siempre que dicha observación sea necesaria.
- Deben mantenerse en su lugar de manera sólida.
- Deben estar fijados con sistemas que solo puedan abrirse con herramientas, o deben bloquearse al producirse el movimiento peligroso.
- Siempre que sea posible, no deben quedar en la posición de protección al soltar los elementos de sujeción.

→ Resguardos físicos: ISO 14120
→ Principios del diseño seguro de máquinas: ISO 12100 (norma tipo A)

Fijación de resguardos físicos
Los resguardos físicos que no se desmonten o abran con frecuencia, o solo para efectuar trabajos de mantenimiento, deben estar fijados al armazón de la máquina, de manera que solo puedan desmontarse con herramientas (p. ej., llave de tuercas, llave de paletón). Su desmontaje debe comportar una operación para la que se necesiten herramientas.
Los elementos de fijación de los resguardos físicos que deban desmontarse o quitarse regularmente deben estar concebidos de manera que no puedan perderse (p. ej. tornillos imperdibles).
Solo pueden utilizarse otros tipos de fijación, como cierres de resorte, mangos roscados, tornillos moleteados y pernos con aletas, si los resguardos físicos se bloquean.

Ejemplo: tipos de fijaciones para resguardos físicos



8008007/2015-07-07
Sujeto a cambio sin previo aviso

Resguardos físicos móviles

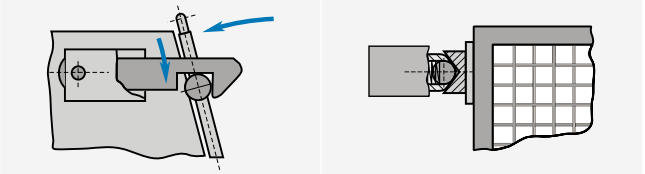
Los resguardos físicos móviles que se abran frecuente o regularmente sin herramientas (p. ej. para trabajos de reequipamiento), deben tener un funcionamiento asociado a un movimiento peligroso (bloqueo, resguardo). Se habla de apertura “frecuente”, p. ej., si el resguardo se abre por lo menos una vez durante un turno de trabajo.
Si la apertura de los resguardos comporta peligros (p. ej., una marcha en inercia muy prolongada), se precisan bloqueos de seguridad.

Requisitos de ergonomía para resguardos físicos móviles
Los criterios de ergonomía también juegan un papel importante en el diseño de los resguardos. Los usuarios solo los aceptarán si no dificultan el reequipamiento, el mantenimiento y operaciones similares más de lo necesario. Los resguardos físicos móviles deben cumplir los siguientes criterios de ergonomía:

- Facilidad de apertura, cierre, elevación y desplazamiento (p. ej., con una sola mano)
- Asidero adaptado a su función
- Los resguardos abiertos deben permitir la entrada o el acceso necesarios de manera cómoda.

Retención mecánica de resguardos móviles
Siempre que sea factible, estos resguardos móviles deben fijarse a la máquina de forma que puedan quedarse abiertos de forma segura con bisagras, guías, etc. Son preferibles las fijaciones en arrastre de forma. Por su efectividad decreciente (desgaste), no se recomiendan las fijaciones accionadas por fricción (p. ej., casquetes esféricos).

Ejemplo: Retención de resguardos físicos



Bien | Posible

Bloqueo de resguardos físicos

Los resguardos físicos deben proveerse de bloqueos si:

- Se accionan cíclicamente o se abren de manera regular (puertas, tapas)
- Pueden retirarse sin herramientas o de manera fácil (p. ej., los paneles)
- Protegen contra un potencial de peligro elevado

Por bloqueo se entiende que, cuando se abre el resguardo, se emite una señal de control que detiene el movimiento peligroso. Normalmente, los resguardos físicos se bloquean eléctricamente con interruptores de posición.

El bloqueo de un resguardo físico debería cumplir las siguientes funciones:

- El funcionamiento peligroso de la máquina no puede llevarse a cabo con el resguardo abierto o en su ausencia (impedir el arranque).
- Este funcionamiento se detiene cuando se abre o retira el dispositivo de protección (activar parada).

La norma ISO 14119, que describe los requisitos de los dispositivos de bloqueo asociados a los resguardos físicos, se encuentra actualmente en revisión.
La siguiente sección informa sobre el contenido de la revisión.

Los dispositivos de bloqueo se agrupan en cuatro tipos constructivos:

Denominación	Accionamiento		Accionador		Producto de SICK	
	Principio	Ejemplo	Principio	Ejemplos	Ejemplo	
Tipo constructivo 1	Mecánico	Contacto físico, fuerza, presión	No codificado	Leva de conexión	i10P	
				Regla de conexión	i10R	
				Pasador	i10H	
Tipo constructivo 2			Codificado	Accionador conformado (lengüeta de conexión)	i16S	
				Clave	–	
Tipo constructivo 3	Sin contacto	Inductivo	No codificado	Materiales ferromagnéticos apropiados	IN4000	
		Magnético		Imanes, electroimanes	MM12 [1]	
		Capacitivo		Todos los materiales apropiados	CM18 [1]	
		Ultrasonidos		Todos los materiales apropiados	UM12 [1]	
		Óptico		Todos los materiales apropiados	WT 12 [1]	
Tipo constructivo 4		Magnético	Codificado	Imán codificado	RE11	
		RFID		Etiqueta RFID codificada	TR4 Direct	
		Óptico		Accionador óptico codificado	–	

1) Estos sensores no se han diseñado para aplicaciones de seguridad. Para la aplicación en dispositivos de bloqueo, el constructor debe considerar con mucha atención los posibles fallos y averías sistemáticas con causa común y adoptar medidas adicionales apropiadas.

Los dispositivos de bloqueo del grupo constructivo 3 se utilizarán cuando la evaluación del riesgo determine que no es previsible la manipulación o que las medidas adicionales la impiden en grado suficiente.

Interruptores de seguridad, interruptores de posición y dispositivos de bloqueo

El concepto ampliamente extendido de “interruptor de seguridad” no se utiliza en las normas, ya que, debido a la gran variedad de tecnologías y diseños de los sensores apropiados para los dispositivos de bloqueo, no es posible definir requisitos comunes. Independientemente de la tecnología utilizada (mecánica, eléctrica, neumática, hidráulica) son válidas las siguientes definiciones:

- Un dispositivo de bloqueo está formado por un accionador y un interruptor de posición.
- Un interruptor de posición está formado por un elemento accionador y un elemento de señal de salida.

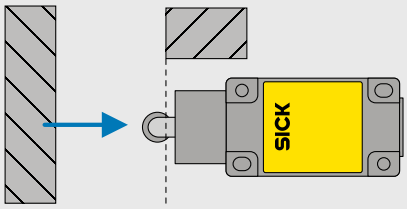
Dependiendo de la tecnología del interruptor de posición utilizado y de los requisitos de seguridad funcional, serán necesarios uno o varios dispositivos de bloqueo para un resguardo físico.

Montaje mecánico y fijación

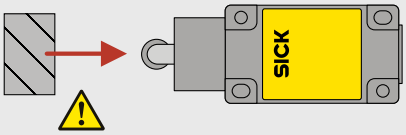
Un montaje mecánico fiable de los interruptores de posición y de los accionadores es crucial para asegurar su efectividad. Los elementos de los dispositivos de bloqueo:

- Deben estar montados de manera que queden protegidos ante daños producidos por agentes exteriores previsibles.
- No deben utilizarse como topes mecánicos.
- Su colocación y construcción deben protegerlos ante un posible accionamiento involuntario y daños.
- Su colocación, construcción y fijación deben protegerlos ante un posible cambio de ubicación involuntario. Si es necesario, se puede asegurar el interruptor y el elemento accionador mediante uniones no positivas, p. ej., con orificios redondos, pasadores y topes.
- Deben estar asegurados mediante su tipo de accionamiento o su integración en el control, de manera que no puedan eludirse fácilmente.
- Deben permitir la comprobación de su correcto funcionamiento y facilitar todo lo posible el acceso para su control.

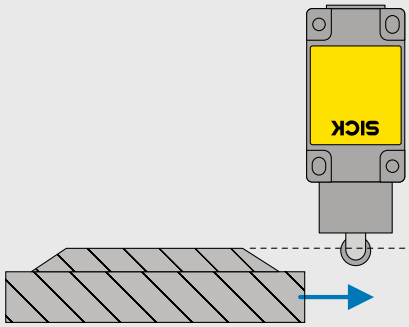
Ejemplo: Montaje mecánico de interruptores de seguridad



Montaje correcto: un tope mecánico protege el interruptor de posición.



Montaje incorrecto: El interruptor de posición hace de tope.

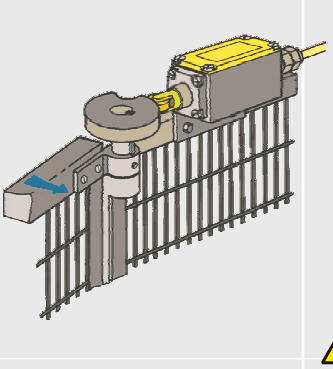


Montaje correcto: Se adaptó la altura de la leva a la del interruptor de posición.

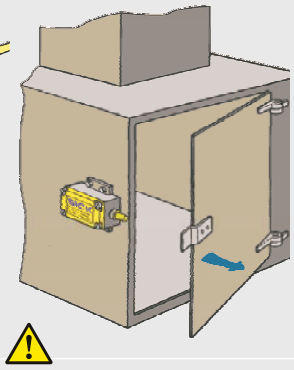
Acción mecánica positiva

Un requisito importante para los dispositivos de bloqueo mecánicos es el accionamiento forzado. En este accionamiento forzado, los componentes mecánicos del resguardo físico (p. ej. una puerta protectora) desplazan también forzosamente los componentes mecánicos móviles del bloqueo (interruptor de seguridad), ya sea mediante contacto directo o piezas rígidas. El uso del accionamiento forzado en un dispositivo de bloqueo asegura el accionamiento del interruptor de posición al abrir los resguardos físicos y reduce las posibilidades de manipulación.

Ejemplo: accionamiento forzado



Seguro: la apertura de la puerta obliga a moverse al empujador mecánico que hay en el interruptor de posición. De esta manera se abre el circuito eléctrico de seguridad.



Diseño erróneo: el interruptor de posición no abrirá el circuito de seguridad en todos los casos, p. ej., si hay incrustaciones o el empujador está atascado por grasa solidificada.

Fuente: BG Feinmechanik und Elektrotechnik, BGI575

Apertura forzada

Un elemento de contacto es de apertura forzada cuando los contactos de conmutación se separan directamente mediante un movimiento definido del elemento accionador producido por piezas no elásticas (p. ej., resortes). El uso de contactos de interruptores de posición de apertura forzada accionados mecánicamente asegura que la separación del circuito eléctrico se siga ejecutando también en situaciones de desgaste de los contactos o de otros fallos eléctricos.

En el caso de los interruptores de posición mecánicos con apertura forzada, es válido, además, lo siguiente:

- El recorrido de accionamiento debe ajustarse conforme al recorrido de apertura forzada indicado por el fabricante.
- Debe respetarse el recorrido mínimo del empujador que indica el fabricante, para asegurar el recorrido de conmutación necesario para la apertura forzada.

Distintivo de contactos de apertura forzada según el Anexo K de la norma IEC 60947-5-1

El uso de las dos salidas electrónicas de los interruptores de posición sin contacto, supervisadas de forma redundante, se considera un equivalente a la apertura forzada. Cuando un dispositivo de bloqueo de los tipos 3 o 4 es el único dispositivo de bloqueo en un resguardo físico, debe cumplir los requisitos de la norma IEC 60947-5-3.

Protección contra la manipulación

Al diseñar los dispositivos de bloqueo, el constructor debe tener en cuenta la motivación para manipular el dispositivo de protección y la previsible manipulación.

Deben aplicarse medidas para que no puedan manipularse con medios simples.

Entre estos estarían, por ejemplo elementos como tornillos, agujas, trozos de chapa, monedas, alambres doblados y similares.

Medidas posibles para evitar que puedan manipularse con facilidad los dispositivos de bloqueo son:

- Dificultar el acceso a los dispositivos de bloqueo mediante montaje oculto o montaje fuera del alcance
- Uso de accionadores de posición con accionadores codificados
- Fijación de los elementos de los dispositivos de bloqueo con fijaciones de un solo uso (p. ej., tornillos de seguridad, remaches, etc.)
- supervisión de la manipulación en el sistema de control (comprobación de plausibilidad, prueba)

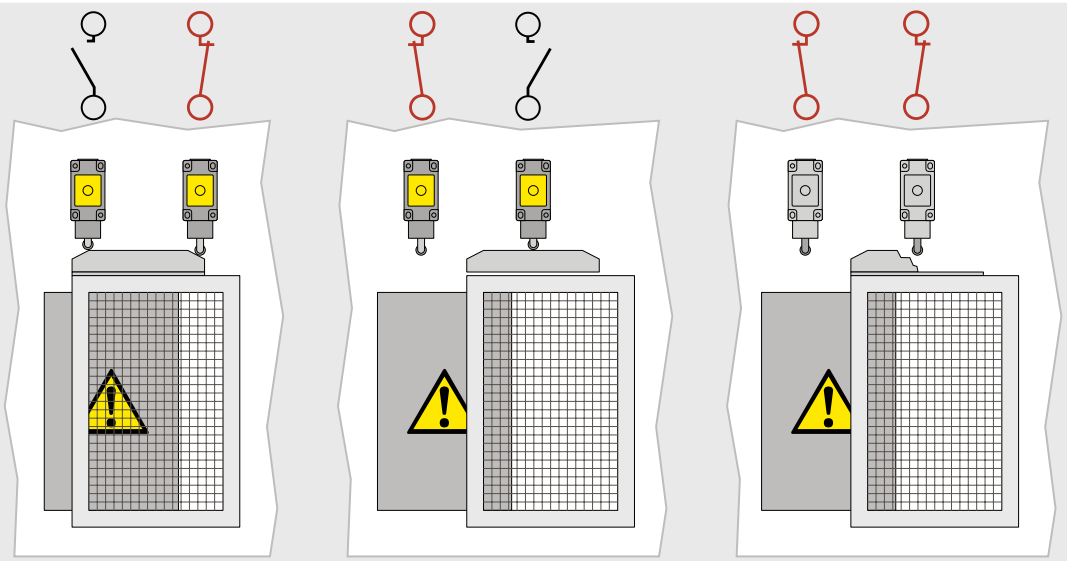
8008007/2015-07-07

Configuración redundante

La manipulación, un fallo mecánico en el interruptor del accionador o en el interruptor de posición (por ejemplo, el envejecimiento) o la influencia de condiciones ambientales extremas (por ejemplo, taqués de rodillos atascados por polvo mineral) pueden averiar un interruptor de seguridad. En particular, es en los niveles altos de seguridad en los que se debe utilizar otro interruptor de posición con una función opuesta (p. ej.) y supervisar ambos con el control.

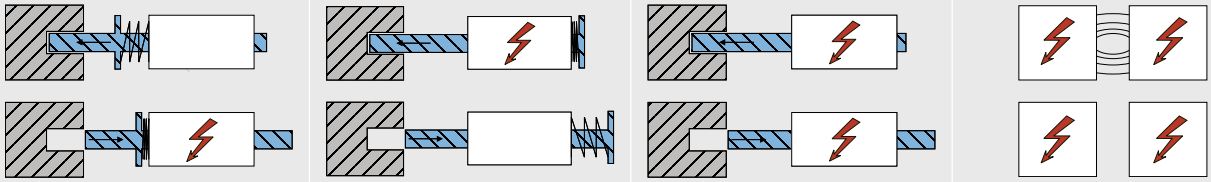
Ejemplo: una máquina de moldeo por inyección cuyas puertas de protección delanteras se accionan cíclicamente. En este caso se requiere el uso de dos interruptores mecánicos.

Ejemplo: detección de fallos mecánicos mediante una configuración redundante con componentes diferentes



Dispositivos de bloqueo

Los dispositivos de bloqueo impiden la apertura de resguardos físicos. Deben utilizarse cuando el tiempo necesario para que se detenga el estado peligroso de la máquina es mayor que el tiempo que una persona necesita para acceder a la zona de peligro (función de seguridad “impedir el acceso de manera temporal”). Los fiadores deben impedir el acceso a las zonas de peligro durante el tiempo necesario para que cese el estado peligroso de la máquina. Los dispositivos de bloqueo también son necesarios cuando un proceso no debe interrumpirse (solo protección del proceso, sin función de seguridad).
La imagen siguiente muestra las posibles ejecuciones de los fiadores.

	Forma			Fuerza
Principio				
Funcionamiento	Accionado por fuerza resorte y desbloqueo energético	Accionado eléctricamente y desbloqueado por la fuerza del resorte	Accionado y desbloqueado eléctricamente	Accionado y desbloqueado eléctricamente
Denominación	Bloqueo mecánico (preferible para la protección de personas)	Fiador eléctrico (preferible para la protección de personas)	Fiador neumático o hidráulico	Fiador magnético

El desbloqueo de la fijación mediante energía puede efectuarse de las siguientes maneras:

- Temporizado: si se utiliza un interruptor temporizador, un fallo de este dispositivo no debe reducir el tiempo de retardo.
- Automático: solo si la máquina se encuentra en un estado seguro (p. ej., mediante supervisión de parada).
- Manual: el tiempo que transcurre entre el desbloqueo y la liberación del dispositivo de protección debe ser mayor que el tiempo de parada del estado peligroso de la máquina.

Integración mecánica y eléctrica de los bloqueos

Por lo general, lo dicho de los interruptores de seguridad vale también para los bloqueos. En cuanto al principio de apertura forzada, debe prestarse atención a qué contactos son de apertura forzada. Los contactos de la puerta señalizan si se tiró del accionador, es decir si la puerta está abierta. Estos contactos no tienen por qué ser de apertura forzada.

Desbloqueo auxiliar y de emergencia

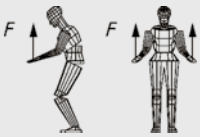
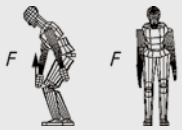
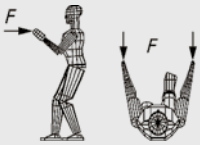
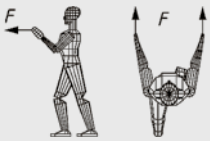
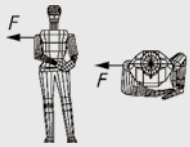
La evaluación de riesgos puede revelar que, de producirse un fallo o en caso de emergencia, se requieren medidas para liberar a personas que quedaron encerradas en la zona de peligro. Debe distinguirse entre métodos para el desbloqueo auxiliar (con herramientas) y para el desbloqueo de emergencia o de escape (sin herramientas).

Fuerza de cierre requerida

Un criterio esencial a la hora de elegir dispositivo de bloqueo es la fuerza con la que debe mantenerse cerrado el resguardo físico. El Anexo I del proyecto de norma ISO 14119 (2013) indica las fuerzas máximas que pueden aplicarse a los resguardos móviles más usados.

8008007/2015-07-07
Sujeto a cambio sin previo aviso

Fuerza de cierre necesaria para resguardos físicos, según el Anexo I de la norma ISO 14119 (2013)

Dirección de la fuerza		Posición	Aplicación de la fuerza	Fuerza [N]
	Tirando en horizontal	Sentado	Con una mano	600
	Vertical hacia arriba	De pie, torso y piernas curvadas, pies paralelos	Agarre en horizontal con ambas manos	1.400
	Vertical hacia arriba	Posición de pie libre	Agarre en horizontal con una mano	1.200
	Horizontal, tirando hacia atrás en paralelo al plano de simetría del cuerpo	De pie, pies paralelos o en posición de caminar	Agarre en vertical con ambas manos	1.100
	Horizontal, empujando hacia adelante en paralelo al plano de simetría del cuerpo	De pie, pies paralelos o en posición de caminar	Agarre en vertical con ambas manos	1.300
	Horizontal, empujando normalmente al plano de simetría del cuerpo	De pie, torso arqueado hacia un lado	hombros presionando sobre placa metálica	1.300
	Horizontal, empujando normalmente al plano de simetría del cuerpo	De pie, pies paralelos	Agarre en vertical con una mano	700

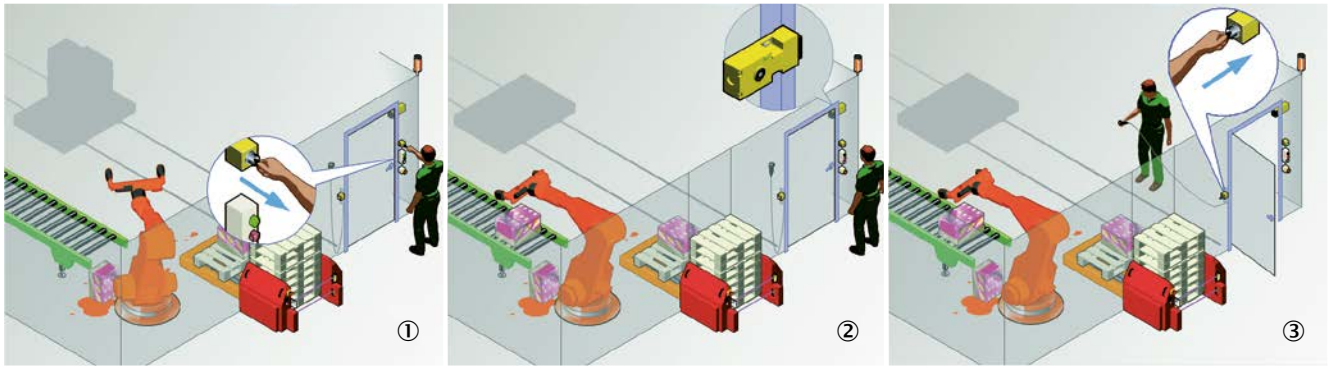
3 c

Sistemas de consignación mediante llave

Los resguardos físicos tienen la desventaja de que, al entrar en la zona de peligro y cerrar el dispositivo de protección, no puede impedirse de manera efectiva el rearranque de la máquina. Por lo tanto, se precisan medidas adicionales, como un dispositivo de restablecimiento o bloquear el accionador de un dispositivo de bloqueo del grupo constructivo 2 con un candado. Sin embargo, estas medidas organizativas dependen de la voluntad o la atención que les dedique el usuario.
Los sistemas de consignación mediante llave son una manera forzosa de impedir el arranque. Para activar funciones y modos de servicio concretos, deben utilizarse llaves que, en determinadas posiciones, se bloquean en los interruptores de llave.

Al extraer la llave (imagen ①), se produce una señal y se detiene el estado peligroso.
En un estado seguro, (p. ej., con la máquina parada), la puerta puede abrirse (imagen ②). En el interior, insertando la llave pueden autorizarse el modo operativo de “Ajuste” (imagen ③) y los “movimientos peligrosos de la máquina” (giran los robots hacia los lados) mediante un pulsador de validación. Mientras tanto, el funcionamiento automático está bloqueado.

Ejemplo: Sistema de atrapamiento de llave



8008007/2015-07-07

Dispositivos de protección sin contacto (DPSC)

A diferencia de los “resguardos físicos”, en los dispositivos de protección sin contacto (DPSC), el efecto de protección no se basa en separar físicamente a las personas del peligro. El efecto protector se logra mediante la separación temporal. Mientras se encuentre una persona en el área definida, las funciones peligrosas de las máquinas no se ejecutan. Si tales funciones se llevaran a cabo, deben ser detenidas. Para que estas detenciones sean posibles, se necesita un tiempo determinado, el llamado “tiempo de funcionamiento en inercia”.
El DPSC debe detectar a tiempo la aproximación de personas a esta zona de peligro y, dependiendo de la aplicación, también su presencia en ella.
La norma internacional IEC 61496-1 incluye los requisitos de seguridad para los DPSC, independientemente de su tecnología y principio de funcionamiento.

¿Qué ventajas ofrecen los sistemas de protección sin contacto?
Cuando un usuario ha de realizar una operación en la máquina con frecuencia o regularmente y, por lo tanto, está expuesto a un peligro, es recomendable utilizar dispositivos de protección sin contacto en lugar de resguardos físicos (paneles vallas de protección, etc.) por los siguientes motivos:

- Reducción del tiempo de acceso (el operador no tiene que esperar a que se abra el dispositivo de protección)
- Aumenta la productividad (ahorro de tiempo al cargar la máquina)
- Aumenta la ergonomía del puesto de trabajo (el operador no tiene que accionar resguardos físicos)

Además se protege a los operadores y a otras personas en la misma medida.

¿De qué peligros no protegen los dispositivos de protección sin contacto?
Dado que los dispositivos de protección sin contacto no constituyen ninguna barrera física, no pueden proteger a las personas de emisiones, como piezas de maquinas proyectadas, piezas de trabajo o virutas, radiación ionizante, calor (radiación térmica), ruido, salpicaduras de lubricantes o refrigerantes, etc. Tampoco es posible el uso de DPSC en máquinas en las que los tiempos prolongados de funcionamiento en inercia no requieran la implantación de distancias mínimas.
En estos casos deben utilizarse resguardos físicos.

Tecnologías para DPSC
Los dispositivos de protección sin contacto pueden detectar a las personas mediante diferentes principios: óptico, capacitivo, ultrasonidos, microondas y detección pasiva por infrarrojos.
Los dispositivos de protección ópticos han mostrado su eficacia en la práctica desde hace mucho tiempo y en gran número.

Dispositivos de protección optoelectrónicos
Los dispositivos de protección sin contacto más extendidos son de tipo optoelectrónico, p. ej.:

- Cortinas y barreras fotoeléctricas de seguridad (DPOA: dispositivos de protección optoelectrónicos activos)
- Escáneres láser de seguridad (DPOARD: dispositivos de protección optoelectrónicos activos de reflexión difusa)
- Dispositivos de protección con cámara (DPBC: dispositivos de protección basados en cámara)

Ejemplos de dispositivos de protección optoelectrónicos

Puede utilizarse un dispositivo de protección optoelectrónico si el operador no está expuesto a ningún peligro de lesión por la proyección de fragmentos de material (p. ej., salpicaduras de material fundido).

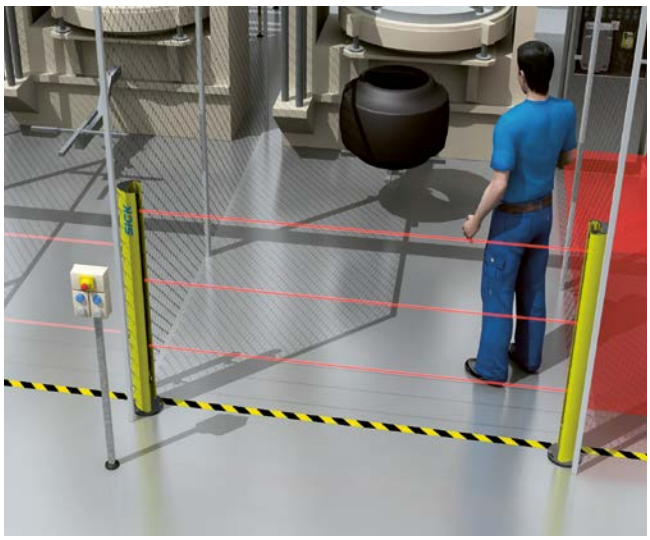
Cortinas y barreras fotoeléctricas de seguridad (DPOA)

Los DPOA son dispositivos de protección que detectan personas en un campo bidimensional definido mediante elementos de transmisión y recepción optoelectrónicos. Una serie de haces de luz paralelos (generalmente, luz infrarroja), enviados desde el transmisor al receptor, crean un campo de protección que protege la zona de peligro. La detección se produce cuando un objeto opaco interrumpe completamente uno o varios haces de luz. El receptor señaliza la interrupción de los haces con un cambio de señal (estado de desconexión) en sus salidas conmutadas (OSSD).

Las señales de las salidas conmutadas se utilizan para detener el estado peligroso de la máquina.

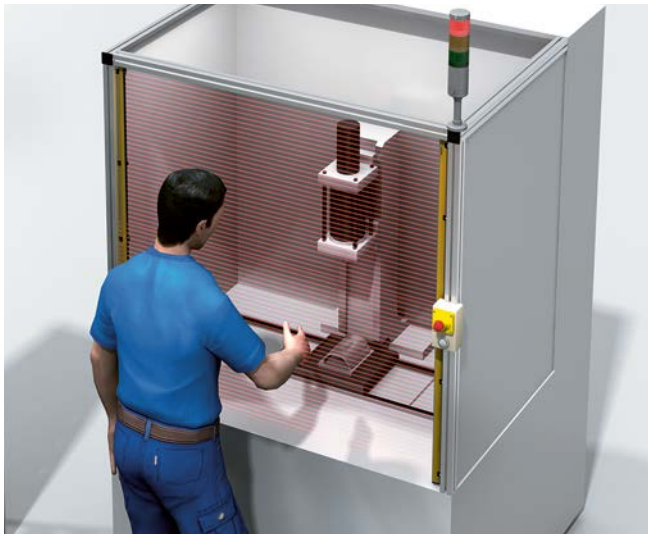
La norma internacional IEC 61496-2 incluye los requisitos de seguridad para los DPOA.

Las barreras fotoeléctricas de seguridad multihaz y las cortinas fotoeléctricas de seguridad son dispositivos optoelectrónicos típicos. Los DPOA cuya capacidad de detección es superior a 40 mm se denominan barreras fotoeléctricas de seguridad multihaz. Se utilizan para proteger el acceso a las zonas de peligro (véase la imagen).



Protección del acceso con una barrera fotoeléctrica de seguridad multihaz

Los DPOA con una capacidad de detección de 40 mm o menos se denominan rejillas fotoeléctricas de seguridad o cortinas fotoeléctricas de seguridad y sirven para la protección directa de los puntos de peligro (véase la imagen).



Protección de puntos de peligro con una cortina fotoeléctrica de seguridad

Por lo general, en las barreras fotoeléctricas de seguridad multihaz y en las cortinas fotoeléctricas de seguridad, no todos los haces de luz se activan al mismo tiempo, sino que se conectan y desconectan uno detrás de otro en una secuencia rápida. Esto aumenta la resistencia a las perturbaciones frente a otras fuentes de luz y, en consecuencia, la fiabilidad. En los DPOA modernos, el transmisor y el receptor se sincronizan automáticamente por vía óptica.

Si se utilizan microprocesadores, los haces de luz pueden evaluarse individualmente. Esto permite realizar funciones adicionales de los dispositivos de protección sin contacto, además de las puras funciones de protección (➜ 3-40).

8008007/2015-07-07
Sujeto a cambio sin previo aviso

Escáneres láser de seguridad (DPOARD)

DPOARD son dispositivos de protección que, mediante elementos de transmisión y recepción, detectan la reflexión de la radiación óptica que genera el dispositivo de protección. Esta reflexión se genera mediante un objeto en un campo bidimensional definido.

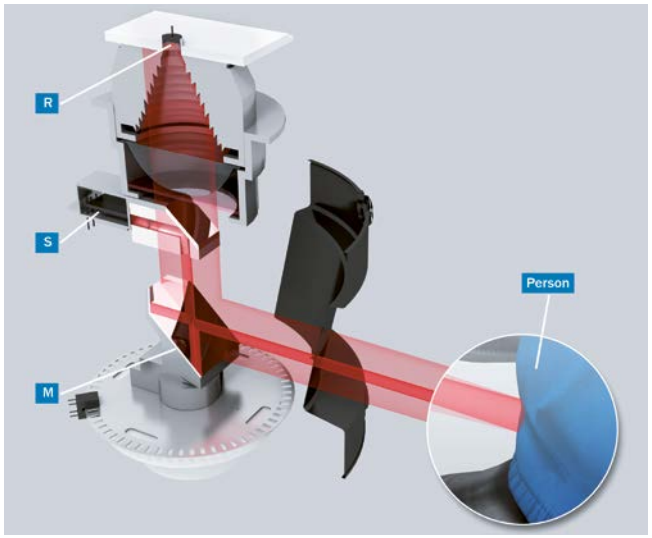
La detección se señaliza mediante un cambio de señal (estado de desconexión) en sus salidas conmutadas (OSSD).

Las señales de las salidas conmutadas se utilizan para detener el estado peligroso de la máquina.

El escáner láser de seguridad es un sensor óptico que explora el entorno con haces láser infrarrojos en un plano; supervisando así una zona de peligro en una máquina o en un vehículo.

Trabaja según el principio de medición del tiempo de vuelo del haz luminoso (véase la imagen en la página siguiente). El escáner transmite impulsos de luz muy breves (S). Simultáneamente se pone en marcha un “cronómetro electrónico”. Cuando la luz incide en un objeto, es reflejada y recibida por el escáner (R). Basándose en el lapso de tiempo transcurrido entre el momento de transmisión y el de recepción, el escáner calcula la distancia del objeto.

Un espejo que gira de forma uniforme (M) ubicado en el interior del escáner desvía los impulsos de luz de modo que se explore un sector circular. El escáner determina la posición exacta del objeto a partir de la distancia medida y del respectivo ángulo de giro del espejo.



Estructura principal de un escáner láser

El campo en el que la detección de un objeto produzca la activación (campo de protección) puede programarse por el usuario. Los dispositivos modernos permiten la supervisión simultánea de varios campos o la conmutación de estos campos durante el funcionamiento. Esto puede utilizarse para adaptar el campo de supervisión a la velocidad de un vehículo, por ejemplo.

Los escáneres láser de seguridad trabajan con impulsos de luz irradiados individualmente de forma precisa en determinadas direcciones; es decir, no exploran la superficie de supervisión de forma continua. Con este modo de funcionamiento, se alcanzan resoluciones (capacidad de detección) de entre 30 mm y 150 mm. Gracias al principio de exploración activo, los escáneres láser de seguridad no precisan ni receptores ni reflectores externos. Los escáneres láser de seguridad también deben poder detectar con seguridad objetos con una capacidad de reflexión extremadamente baja (p. ej., ropa de trabajo negra).

La norma internacional IEC 61496-3 incluye los requisitos de seguridad para los DPOARD.

Dispositivos de protección basados en cámara (DPBC)

Los DPBC son dispositivos de protección con cámara y utilizan tecnologías de detección y procesamiento de imágenes para la detección segura de personas (véase la imagen).

Como fuentes de luz se utilizan actualmente transmisores de luz. También es posible emplear DPBC, que utilizan la luz disponible en el entorno.

Para la detección de personas pueden utilizarse diferentes principios, entre otros:

- Interrupción de la luz reflejada por un retrorreflector
- Medición del tiempo de vuelo de la luz reflejada por un objeto
- Supervisión de cambios en los patrones de fondo
- Detección de personas mediante características humanas

Dispositivo de protección con cámara

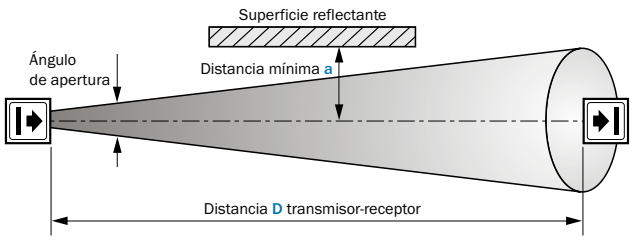
La futura serie de normas internacionales IEC 61496-4 incluye los requisitos de seguridad para los DPBC.

Capacidad de detección (resolución) de los dispositivos optoelectrónicos

La capacidad de detección se define como el límite del parámetro de detección que provoca una respuesta del dispositivo de protección sin contacto (DPSC).
Prácticamente se trata del tamaño del objeto más pequeño que el DPSC es capaz de detectar dentro del campo de supervisión definido (campo de protección).
La capacidad de detección la indica el fabricante. Se calcula generalmente a partir de la suma de la distancia de haces y el diámetro efectivo de los haces. Esto garantiza que un objeto con este tamaño siempre cubra completamente un haz de luz y, por tanto, se detecte independientemente de la posición en el campo de protección.

En los escáneres láser de seguridad (DPOARD), la capacidad de detección depende de la distancia al objeto, el ángulo entre los distintos haces de luz (pulso), así como la forma y el tamaño del haz transmitido.
La fiabilidad de la capacidad de detección se determina mediante la clasificación de tipos en la serie de normas IEC 61496.
Para los DPOARD se define el tipo 3. Para los DPOA se definen los tipos 2 y 4 (véanse los requisitos en la tabla).
Los requisitos para las fuentes de perturbación ópticas (luz solar, diversos tipos de lámparas, dispositivos del mismo tipo constructivo, etc.), superficies reflectantes, alineación errónea en el servicio normal y la reflexión difusa de los escáneres láser de seguridad desempeñan un papel importante.

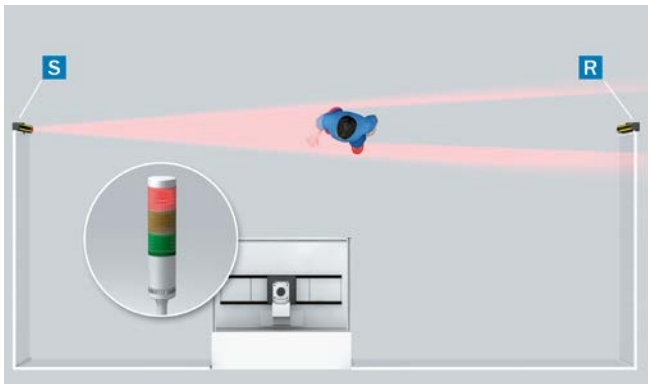
	Tipo 2	Tipo 4
Seguridad funcional	Si se produce un fallo entre los intervalos de prueba, podría producirse una pérdida de la función de protección	La función de protección permanece habilitada incluso cuando se producen varios fallos
CEM (compatibilidad electromagnética)	Requisitos básicos	Requisitos avanzados
Ángulo de apertura máximo de la óptica	10°	5°
Distancia mínima **a** respecto a las superficies reflectantes a una distancia **D** de < 3 m	262 mm	131 mm
Distancia mínima **a** respecto a las superficies reflectantes a una distancia **D** de > 3 m	= Distancia x tan (10° / 2)	= Distancia x tan (5° / 2)
Varios transmisores del mismo tipo constructivo en una instalación	Sin requisitos especiales (se recomiendan haces codificados)	Resistencia a la influencia o desconexión de las salidas conmutadas en caso de influencia



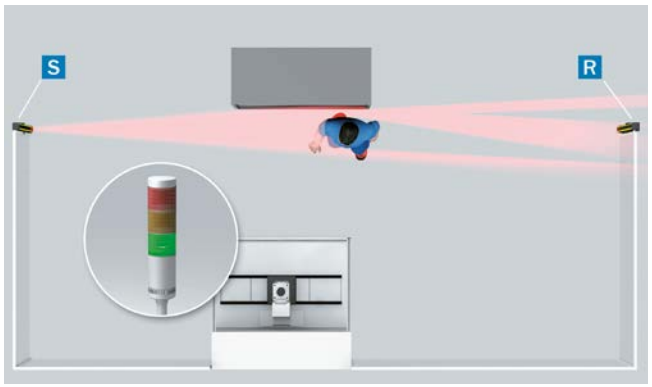
Diferencias principales de los DPOA de los tipos 2 y 4 según la norma EN 61496

Prevención de reflexiones de los DPOA

En los DPOA el haz de luz se enfoca desde el transmisor. El ángulo de apertura del sistema óptico se reduce tanto como sea posible, de modo que incluso con errores de alineación pequeños pueda asegurarse un servicio sin perturbaciones. Esto mismo es válido para el ángulo de apertura del receptor (ángulo de apertura efectivo según la norma IEC 61496-2). En el caso de ángulos de apertura más pequeños, existe la posibilidad de que los haces de luz del transmisor se desvíen por las superficies reflectantes, lo que hace que no se detecten los objetos (véanse las imágenes).



Las personas son detectadas con fiabilidad y el movimiento peligroso se detiene.

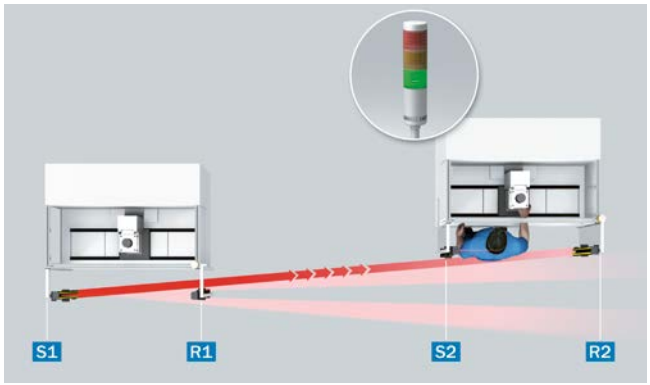


La reflexión impide el efecto protector del DPSC y el movimiento peligroso no se detiene.

Por ello, debe mantenerse una distancia mínima entre todas las superficies y objetos reflectantes (p. ej., contenedores de materiales, suelos reflectantes, etc.) y el campo de protección del sistema (véase la tabla “Diferencias principales de los DPOA de los tipos 2 y 4 según la norma IEC 61496” ➜ 3-32). Esta distancia mínima (a) depende de la distancia D entre el transmisor y el receptor (anchura del campo de protección). La distancia mínima debe respetarse en todos los lados del campo de protección.

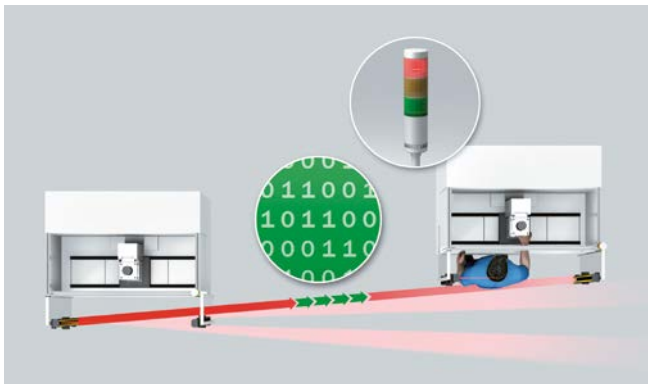
Interferencias mutuas de los DPOA

Si varios DPOA están funcionando muy próximos entre sí, los haces del transmisor de un sistema (S1) pueden afectar al receptor de otro sistema (R2). Existe el peligro de que los DPOA que se ven afectados de este modo pierdan su capacidad de protección (véase la imagen).

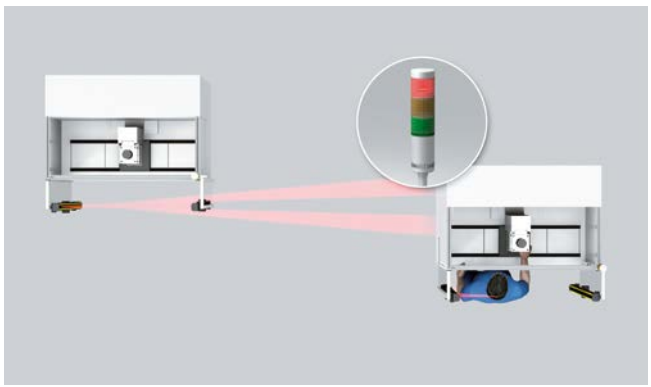


La interferencia mutua impide el efecto protector del DPSC y el movimiento peligroso no se detiene.

Deben evitarse estas situaciones de montaje. Si esto no fuera posible, deberán adoptarse medidas apropiadas que impidan la interferencia mutua, p. ej., instalando paredes separadoras opacas o invirtiendo la dirección de transmisión de un sistema. Los DPOA del tipo 4 deben disponer de una detección del transmisor externa y, en caso de interferencias, cambiar a un estado seguro (salidas en estado de desconexión) o disponer de medidas técnicas para impedir las interferencias. Generalmente se utilizan haces codificados, de modo que el receptor solo responda a los haces de luz del transmisor asignado (de igual codificación); véanse las figuras.



Sin interferencias mutuas entre los dispositivos de protección usando haces de luz codificados. Las personas son detectadas con fiabilidad y el movimiento peligroso se detiene.



Sin interferencias mutuas entre los dispositivos de protección mediante la colocación adecuada

8008007/2015-07-07
Sujeto a cambio sin previo aviso

Elección de un DPSC apropiado

Los criterios pueden ser los siguientes:

- Especificaciones de las normas armonizadas, especialmente normas tipo C
- El espacio disponible delante de la zona de peligro
- Criterios de ergonomía, p. ej. ciclos de carga de las máquinas
- Resolución

¿Qué funciones de seguridad debe cumplir el DPSC?

- Activar la parada (➜ 3-3)
- Evitar un arranque intempestivo (➜ 3-4)
- Impedir el arranque (➜ 3-4)
- Combinación: activar la parada e impedir el arranque (➜ 3-4)
- Permitir el paso de materiales (➜ 3-5)
- Supervisar los parámetros de la máquina (➜ 3-5)
- Indicadores y alarmas relevantes para la seguridad (➜ 3-7)
- Otras funciones, p. ej., inicio de ciclo, supresión de haces, conmutación del campo de protección, etc. (➜ 3-40)

Nivel de seguridad

Los factores de seguridad para DPSC se reflejan en la clasificación de tipos (Tipo 2, Tipo 3 y Tipo 4).
Además de aspectos estructurales (categorías según norma ISO 13849-1), en la clasificación por tipos también hay definidos requisitos obligatorios para la compatibilidad electromagnética (CEM), las condiciones ambientales y el sistema óptico. De estos últimos es especialmente importante su comportamiento frente a fuentes de perturbaciones (sol, lámparas, dispositivos del mismo tipo constructivo, etc.) y el ángulo de apertura de las ópticas en el caso de las cortinas y barreras fotoeléctricas de seguridad (los requisitos para DPOA de tipo 4 son más estrictas que para los de tipo 2).

El ángulo de apertura es fundamental para calcular la distancia mínima respecto a superficies reflectantes.
(Tabla ➜ 3-32).

➜ Requisitos para DPSC: IEC 61496-1, IEC 61496-2, IEC 61496-3

Fiabilidad alcanzable de las funciones de seguridad con dispositivos de protección optoelectrónicos

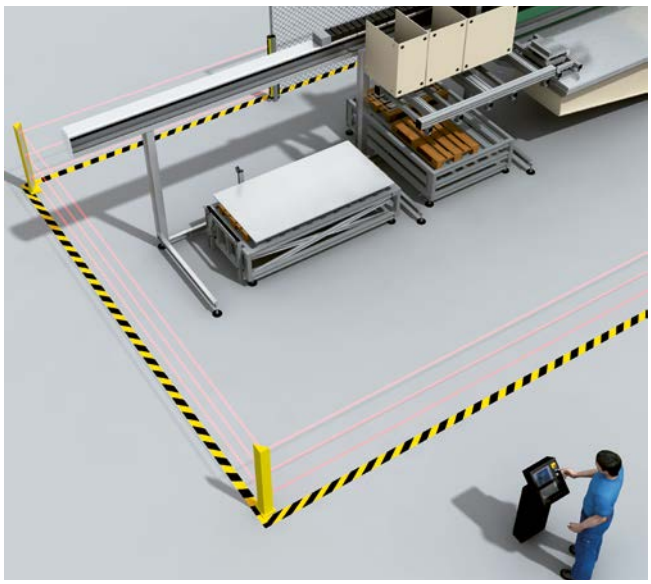
		ISO 13849-1					Ejemplos de dispositivos
		a	b	c	d	e	
Tipo DPSC según norma EN 61496-1	2						Cortinas fotoeléctricas de seguridad, barreras fotoeléctricas de seguridad monohaz, barreras fotoeléctricas de seguridad multihaz
	3						Escáner láser de seguridad, sistemas de cámaras de seguridad
	4						Cortinas fotoeléctricas de seguridad, barreras fotoeléctricas de seguridad monohaz, barreras fotoeléctricas de seguridad multihaz
			1		2	3	
			SIL (IEC 62061)				

Respete siempre las indicaciones de aplicación, información e instrucciones adicionales incluidas en las instrucciones de uso de los dispositivos de protección optoelectrónicos.

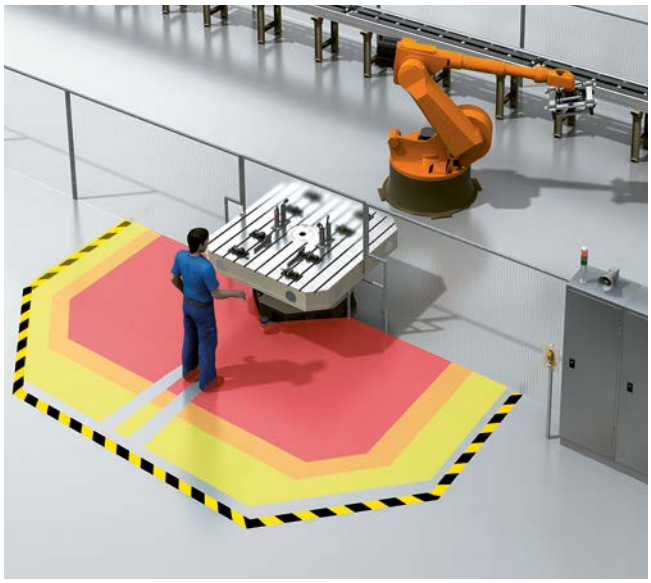
¿Qué debe detectar el DPSC?

Protección de los puntos de peligro:
con detección de dedos y manos
Con este tipo de protección, se detecta una aproximación muy cerca del punto de peligro.
La ventaja de este tipo de dispositivo de protección consiste en que puede reducirse la distancia mínima y el operador puede trabajar de manera más ergonómica (p. ej., en los trabajos de carga en una prensa).

Protección de accesos:
detección de personas cuando entran en la zona de peligro
Con el acceso protegido, se detecta la aproximación de una persona detectando su cuerpo.
Este dispositivo de protección sirve para proteger el acceso a una zona de peligro. Al entrar en la zona de peligro, se activa una señal de alarma. El DPSC no detecta a las personas que hayan traspasado el dispositivo de protección.



Protección de zonas de peligro:
detección de la presencia de personas en la zona de peligro
Con este tipo de detección, se reconoce la aproximación de una persona por su detección dentro de una zona.
Este tipo de dispositivo de protección es adecuado para aquellas máquinas que, p. ej., no permiten ver completamente una zona de peligro desde la posición del pulsador de rearme. Al entrar en la zona de peligro, se dispara una señal de parada y se impide el arranque.



Protección móvil de zonas de peligro:
detección de la aproximación de personas a la zona de peligro
Este tipo de protección es apropiado para STSC (sistemas de transporte sin conductor), grúas y carretillas apiladoras, y tiene como objetivo proteger a las personas durante el desplazamiento de los vehículos o al acoplarse estos a una estación fija.

Funciones de seguridad integrables en dispositivos de protección sin contacto

Las siguientes funciones de seguridad pueden integrarse en la unidad lógica o incluso directamente en el DPSC.

Puenteado temporal (muting)

La función de muting (puenteado) permite desactivar temporalmente la función de protección de un dispositivo de protección. Esto es necesario cuando debe moverse material a través del campo de protección del dispositivo de protección sin detener el proceso de trabajo (estado peligroso de la máquina). También es conveniente usar esta función para optimizar el proceso de trabajo cuando determinados estados de la máquina lo permiten (p. ej., puenteado de la función de una cortina fotoeléctrica de seguridad durante el movimiento hacia arriba no peligroso de un punzón de prensa, lo que permite al operador extraer las piezas con mayor facilidad).
El muting solo debe ser posible si el acceso al punto de peligro se bloquea por el material circulante. Por el contrario, en dispositivos de protección que no permiten el acceso detrás de ellos (no son traspasables), el muting solo debe ser posible si no están presentes funciones peligrosas (véase la imagen).
Este estado se determina por sensores o señales de muting. Para la función de muting es necesario poner mucha atención al seleccionar y posicionar los sensores de muting y al utilizar las señales de control.

Función de muting con cortina fotoeléctrica de seguridad y sensores de muting en una máquina bobinadora de láminas

Las siguientes condiciones deben cumplirse para implementar una función de muting segura y conforme a la normativa:

- Durante el muting, debe garantizarse un estado seguro con otros medios, es decir, debe impedirse el acceso a la zona de peligro.
- El muting deberá ser automático, no manual.
- El muting no debe depender de una única señal eléctrica.
- El muting no debe depender completamente de señales de software.
- Las señales de muting no deben permitir un estado de muting cuando se generen en el curso de una combinación inválida.
- El estado de muting debe desactivarse inmediatamente tras el paso del material.

Para mejorar la calidad de diferenciación, pueden utilizarse valores límite, interconexiones o señales adicionales, p. ej.:

- Dirección de movimiento del material (secuencia de las señales de muting)
- Limitación de la duración del muting
- Demanda de material por el control de la máquina
- Estado de funcionamiento de los elementos que transportan el material (p. ej., cinta transportadora, transportador de rodillos)
- Identificación del material por propiedades adicionales (p. ej., código de barras)

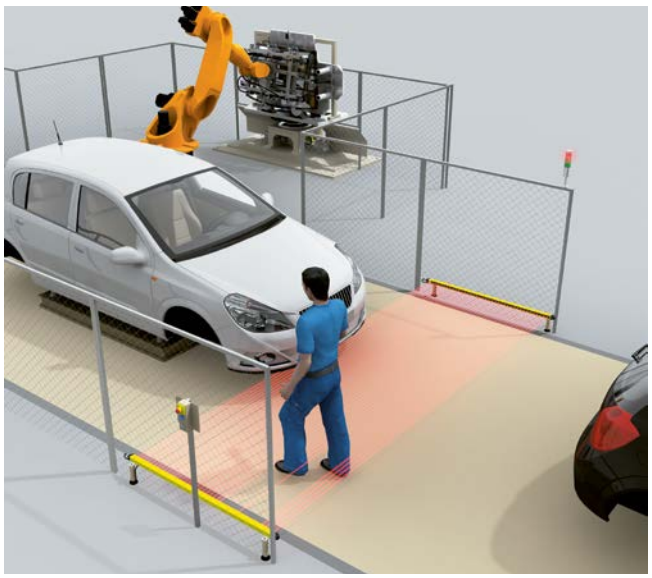
→ Aplicación práctica de DPSC: IEC / TS 62046

8008007/2015-07-07
Sujeto a cambio sin previo aviso

Cortinas fotoeléctricas de seguridad con función de entrada y salida

Otra posibilidad de mover el material en una zona protegida es la diferenciación activa entre las personas y el material (función de entrada y salida).

En esta aplicación se utilizan cortinas fotoeléctricas de seguridad (DPOA) dispuestas horizontalmente. La posibilidad de evaluar cada haz de luz individualmente se usa en este caso para diferenciar el patrón de interrupción del material o del transportador del material (p. ej., un palé) del de una persona. Aplicando la función de supresión de haces dinámica por autoaprendizaje, así como otros criterios de diferenciación, como velocidad, entrada en el campo de protección y salida de él, etc., puede lograrse una diferenciación relevante para la seguridad. De este modo, se impide de forma fiable que personas cuyo perfil no se ha reconocido penetren en la zona de peligro (véase la imagen).



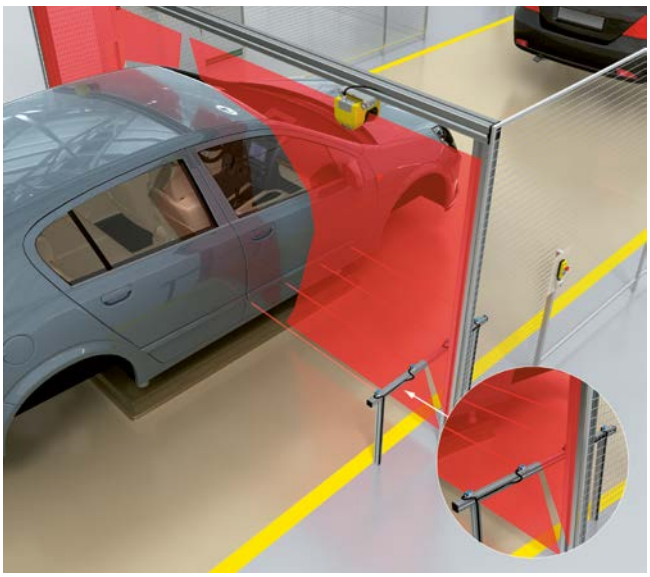
Función de entrada y salida con cortina fotoeléctrica de seguridad dispuesta horizontalmente en una estación de mecanizado de una línea de fabricación de automóviles

Escáner láser de seguridad con conmutación de campos de protección

Una posibilidad alternativa de mover el material en una zona protegida es la conmutación activa de los campos de protección.

En esta aplicación, normalmente se utilizan escáneres láser de seguridad con campos de protección verticales (o ligeramente inclinados).

El campo de protección apropiado, de una serie de campos de protección preprogramados, se activa por señales adecuadas del control de la máquina y sensores posicionados adecuadamente. El contorno del campo de protección se configura de modo que el paso del material no cause la activación del dispositivo de protección, pero que las zonas no supervisadas sean lo suficientemente pequeñas para evitar que personas cuyo perfil no se ha reconocido penetren en la zona de peligro (véase la imagen).

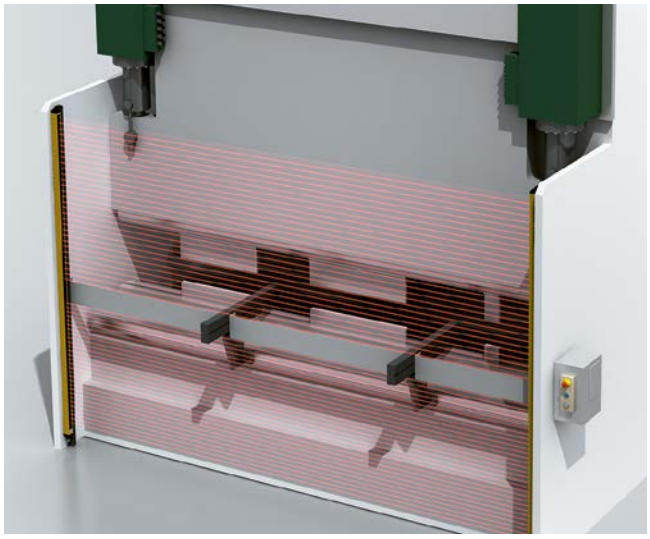


Paso de material con escáneres láser de seguridad, campos de protección verticales y conmutación de los campos de protección con sensores dispuestos de forma adecuada

Funciones adicionales de DPSC

Supresión de haces (blanking)

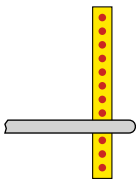
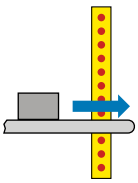
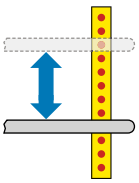
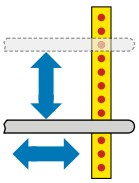
En muchos DPOA, la capacidad de detección y el campo de protección pueden configurarse de modo que la presencia de uno o varios objetos dentro de una sección definida del campo de protección no active la función de seguridad (estado de desconexión). La función de supresión de haces puede utilizarse para que determinados objetos pasen por el campo de protección, p. ej., mangueras o soportes para piezas de mecanizado (véase la imagen).



Supresión fija de haces de una cortina fotoeléctrica en una prensa rebordeadora

En la zona en la que se han suprimido los haces, la capacidad de detección del DPSC aumenta (es decir, es peor). Tenga en cuenta los datos pertinentes indicados por el fabricante para calcular la distancia mínima.

En el caso de la **supresión fija de haces**, se define con precisión la zona cegada en términos de tamaño y posición. En el caso de la **supresión flotante de haces**, solo se determina el tamaño de la zona cegada, pero no su posición en el campo de protección (véase la imagen).

Supresión fija de haces		**Supresión flotante de haces**	
Supresión fija de haces	Supresión fija de haces con elevada tolerancia de tamaño	Supresión flotante de haces con supervisión completa del objeto	Supresión flotante de haces con supervisión parcial del objeto
Un objeto de tamaño *fijo debe* encontrarse en un punto específico del campo de protección.	*Está permitido* que un objeto de tamaño *limitado* se mueva por el campo de protección por el lado del operador.	Un objeto de tamaño fijo *debe* encontrarse en una zona específica del campo de protección. El objeto puede moverse.	*Está permitido* que un objeto de tamaño fijo se encuentre en una zona específica del campo de protección. El objeto puede moverse.
			

Criterios para la supresión fija y flotante de haces

Para evitar sombras en el campo de protección, la ausencia (o en algunos casos el cambio de tamaño o de posición) del objeto se utilizan para activar la función de seguridad (estado de desconexión).

Inicio de ciclo

Se denomina “inicio de ciclo” al uso del dispositivo de protección para activar el funcionamiento de la máquina (dispositivo de protección controlador). Este modo de funcionamiento aporta ventajas si hay que introducir o extraer piezas manualmente de manera cíclica.

Conforme a las normas, el modo de funcionamiento de “inicio de ciclo” solo debe ejecutarse con DPOA del tipo 4 y con una resolución d ≤ 30 mm. En el modo de funcionamiento de “inicio de ciclo”, la máquina espera en una posición definida a que haya ocurrido un número de intervenciones del operador establecido. La cortina fotoeléctrica de seguridad libera automáticamente el movimiento peligroso tras un número determinado de interrupciones.

En las siguientes circunstancias, es necesario restaurar el DPSC:

- Al arrancar la máquina
- Al volver a arrancarla si se interrumpe el DPOA durante un movimiento peligroso
- Si en el tiempo preestablecido de ciclo no se activó ningún ciclo

Hay que asegurarse de que el operador no se vea expuesto a ningún peligro durante el proceso de trabajo. Esto restringe el uso de este modo de funcionamiento a las máquinas cuya zona de peligro no es transitable, y el operador no puede permanecer entre el campo de protección y la máquina sin ser detectado (detección de presencia).

El funcionamiento de 1 ciclo significa que el DPOA activa el funcionamiento de la máquina, una vez que el operador haya finalizado una intervención.

El funcionamiento de 2 ciclos significa que el DPOA mantiene el funcionamiento de la máquina en estado bloqueado tras la primera intervención del operador (p. ej., extracción de una pieza de trabajo mecanizada). Hasta que el operador no haya finalizado la segunda intervención (p. ej., alimentación de una pieza bruta), el DPOA no autorizará el funcionamiento de la máquina.

El modo de funcionamiento de “inicio de ciclo” se utiliza con frecuencia en prensas y estampadoras, pero también puede utilizarse en otras máquinas (p. ej., mesas giratorias y sistemas automáticos de montaje). Cuando se utiliza el modo de funcionamiento de “inicio de ciclo”, la cortina fotoeléctrica no debe ser traspasable. En las prensas, se aplican condiciones especiales para el modo de funcionamiento de “inicio de ciclo”.

Funcionamiento de 1 ciclo en un sistema de montaje con cortina fotoeléctrica de seguridad. Durante la carga, la herramienta se encuentra en el punto superior. Una vez que el operador haya liberado el campo de protección, se inicia el proceso de montaje.

Para el funcionamiento de “inicio de ciclo”, la resolución del DPOA debe ser igual o superior a 30 mm (detección de dedos o manos).

→ Activación de inicio de ciclo: normas tipo B ISO 13855, IEC 61496-1
→ Funcionamiento en modo “inicio de ciclo” en prensas: normas tipo C EN 692, EN 693

Resguardos fijos físicos

Estos dispositivos de protección son resguardos no separadores que consiguen que una persona o partes del cuerpo queden fuera de la zona de peligro.

Puede encontrar un buen resumen completo de este tipo de dispositivos en:
→ Alfred Neudörfer: Konstruieren sicherheitsgerechter Produkte (Diseño de productos seguros), Springer-Verlag, Berlín (entre otras), ISBN 978-3-642-33889-2 (5.ª edición 2013)

Dispositivos bimanuales

Un dispositivo bimanual solo protege a una persona. Si hay varios operadores, cada persona debe accionar un dispositivo bimanual. Un movimiento peligroso solo debe iniciarse accionando el dispositivo bimanual conscientemente y debe detenerse inmediatamente al soltar el dispositivo.
Existen diferentes tipos de dispositivos bimanuales. Se distinguen por el diseño de los mandos y las exigencias relacionadas con el sistema de control.
Los siguientes principios fundamentales rigen para todos los tipos:

- Deben obligar a usar ambas manos.
- Cuando se suelta uno de los dos mandos, se detiene el movimiento peligroso.
- Deben excluir un accionamiento por error.
- No debe poderse eludir fácilmente su efecto de protección.
- El dispositivo bimanual no debe introducirse en la zona de peligro.

Los dispositivos bimanuales de Tipo II y Tipo III deben cumplir, además, lo siguiente:

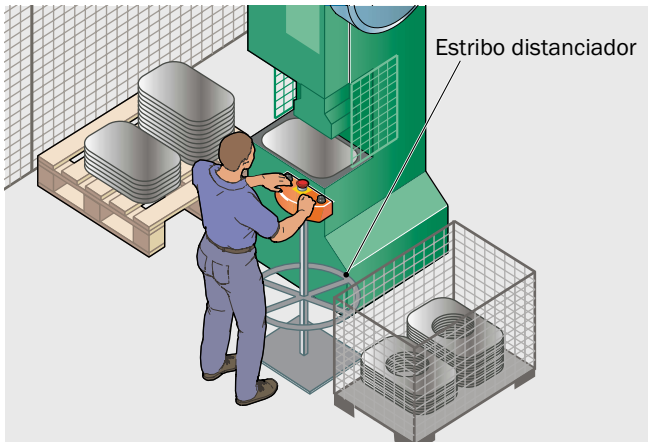
- Solo puede iniciarse un nuevo movimiento tras haber soltado los dos mandos y haberlos accionado de nuevo.

Los dispositivos bimanuales de Tipo III deben cumplir, además, lo siguiente:

- Solo puede iniciarse un movimiento si se accionan ambos mandos de manera sincronizada con una diferencia de 0,5 segundos como máximo.

Los dispositivos bimanuales de Tipo III son subtipos con requisitos relativos al sistema de control definidos. Los subtipos más importantes son:

- Tipo III A: evaluación de un contacto de cierre por mando (2 entradas)
- Tipo III C: evaluación de un contacto de cierre y un contacto de apertura por mando (4 entradas)



→ Requisitos para dispositivos bimanuales: ISO 13851 (Norma tipo B)

→ Cálculo de la distancia mínima para dispositivos bimanuales → 3-52

Dispositivos de validación

En ocasiones, es necesario desactivar temporalmente funciones de los dispositivos de protección, p. ej. al efectuar trabajos de ajuste o mantenimiento, o si hay que observar los procesos de fabricación de cerca. Junto con otras medidas que minimizan el riesgo (reducción de la energía cinética o velocidad, etc.), en este caso se necesitan dispositivos de mando que deban mantenerse accionados mientras dure la desactivación. Para este fin, pueden utilizarse dispositivos de validación.
Los dispositivos de validación son aparatos de mando accionados con el cuerpo que permiten enviar la autorización del operador para ejecutar funciones de la máquina. Como dispositivos de validación se utilizan normalmente pulsadores o conmutadores de pie.
Sistemas adicionales de control de arranque para dispositivos de validación son los joysticks o los pulsadores. Los dispositivos de validación de tres posiciones son recomendables por su eficacia probada en entornos industriales.

El arranque de la máquina no debe activarse por el mero accionamiento de un dispositivo de validación. Más bien sirven para autorizar un movimiento solo con el dispositivo accionado.

Funcionamiento del dispositivo de validación de tres posiciones:

Posición	Elemento de mando	Función
1	No accionado	Apagado
2	En posición intermedia (punto de contacto)	Validar
3	Superada la posición intermedia	Parada de emergencia (desconexión)

Si se vuelve de la posición 3 a la 2, no debe autorizarse la función de confirmación.
Si los dispositivos de validación en posición 3 disponen de contactos separados, deben integrarse estos en el circuito conmutador de la parada de emergencia.

También en el uso de dispositivos validadores es muy importante la seguridad de la manipulación.

→ Requisitos para dispositivos de validación: IEC 60204-1 (norma tipo B)

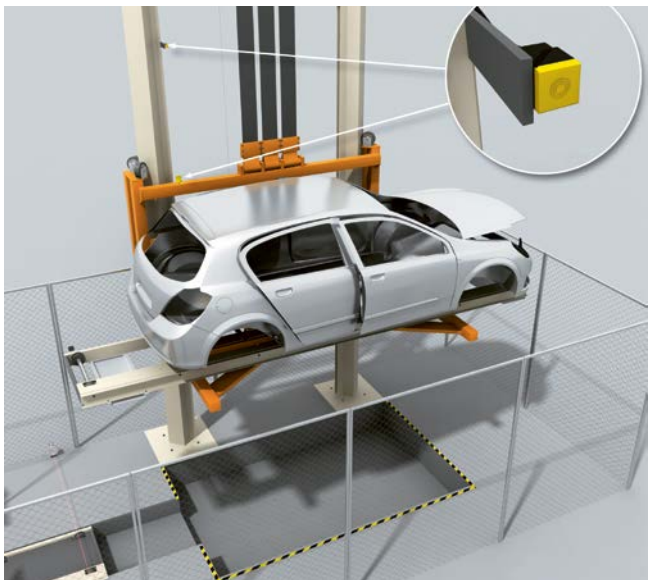
Sensores para la supervisión de parámetros de las máquinas

La evaluación de riesgos puede revelar que deben supervisarse y registrarse determinados parámetros de la máquina durante su funcionamiento.

Monitorización segura de posición

Si una máquina no debe pasar una o abandonar una posición determinada, pueden utilizarse para ello sensores de seguridad o interruptores de posición (➜ 3-19).

Los interruptores de posición de seguridad inductivos sin contacto son particularmente apropiados para este cometido, ya que supervisan sin necesidad de contrapieza la presencia de una pieza determinada del eje de un robot o una pieza móvil de una máquina, sin desgaste y con un alto nivel de protección.



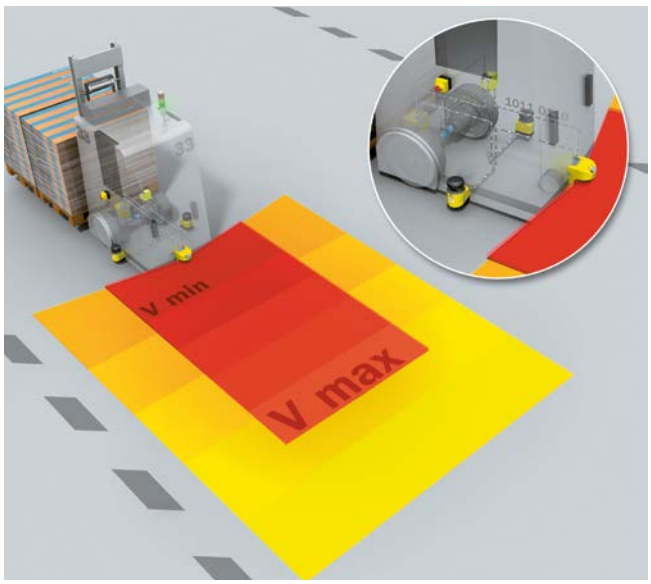
Monitorización de posición segura de un elevador en una línea de fabricación de automóviles

Monitorización de revoluciones, velocidad, marcha en inercia

Unos encoders o sistemas de medición de desplazamiento permiten registrar y evaluar las revoluciones, la velocidad o la marcha en inercia.

En sistemas de transporte sin conductor, pueden utilizarse las señales de los encoders para adaptar la magnitud del campo de protección de los escáneres láser de seguridad a la velocidad de desplazamiento.

Los módulos de seguridad de supervisión de la parada o el giro monitorizan el movimiento de los accionamientos con sensores o encoders para generar una señal de control segura en caso de parada o divergencia respecto a los parámetros ajustados. Para mayores requisitos de seguridad, es necesario utilizar encoders de seguridad o redundantes. Otra posibilidad es supervisar la tensión inducida por el magnetismo residual de un motor que gira en inercia.



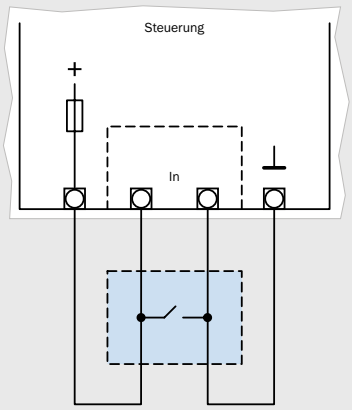
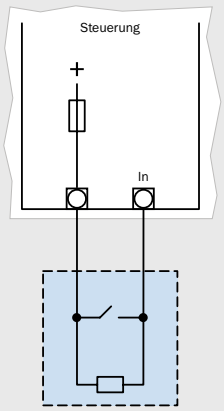
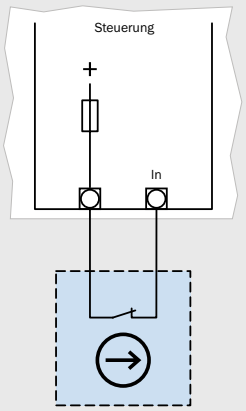
Monitorización de velocidad para conmutación de los campos de protección en un vehículo de transporte sin conductor

8008007/2015-07-07
Sujeto a cambio sin previo aviso

Alfombras de seguridad, regletas de conmutación, topes

En algunas aplicaciones puede ser conveniente el uso de dispositivos de protección sensibles a la presión. El principio de funcionamiento consiste normalmente en la deformación elástica de un cuerpo hueco que hace que un transmisor interno de señales (electromecánico u óptico) ejecute la función de seguridad.

Los sistemas electromecánicos habituales están disponibles en diferentes configuraciones.
En todos los casos, debe cumplirse un diseño mecánico y una integración correctos para que la función de protección sea efectiva. La detección de niños con un peso inferior a 20 kg no se trata en las normas de producto para esteras y paneles de seguridad.

Configuraciones cortocircuitadoras (principio de la corriente de trabajo)		**Configuración de apertura forzada (principio de la corriente de reposo)**
Variante tetrafilar	**Variante con resistencia**	
		
En este caso se produce un cortocircuito cuando se activa el dispositivo de protección. En la configuración tetrafilar, se cortocircuita un circuito eléctrico (escasa resistencia). En la variante con resistencia, una modificación se detecta como un valor de resistencia teórico (del orden de kΩ). Estas configuraciones requieren una evaluación más compleja.		Esta configuración es más universal y aporta más ventajas. La activación del dispositivo de protección produce la apertura del contacto de conmutación. Con una distribución especial de los cables, se descarta la posibilidad de un cortocircuito entre estos.

→ Diseño de dispositivos de protección sensibles a la presión: norma tipo B ISO 13856 (serie de normas)

Conmutador de pie

Los conmutadores de pie se utilizan para controlar operaciones de trabajo. En algunas máquinas (p. ej., prensas, estampadoras, dobladoras y de mecanizado de chapa), los conmutadores de pie solo deben utilizarse para funciones de seguridad en modos de funcionamiento independientes y únicamente en combinación con otras medidas de protección técnicas (p. ej. velocidad lenta).

Además, en estos casos deben tener una construcción especial:

- Con una cubierta protectora que impida un accionamiento involuntario
- Con tres posiciones, de forma análoga al principio de interruptores de validación (véase “Funcionamiento del dispositivo de validación de tres posiciones” → 3-43).
- Con la posibilidad de efectuar un restablecimiento manual si se acciona el elemento de control superando el punto de presión
- Una vez se detenga el movimiento peligroso, solo podrá activarse de nuevo con el pie tras soltar el conmutador de pie y accionarlo de nuevo
- Evaluación de al menos un contacto de cierre y uno de apertura
- Si hay varios operadores, cada persona debe accionar un conmutador de pie

Medidas de protección complementarias

Si es necesario, deben preverse otras medidas de protección que no son ni construcciones con seguridad intrínseca ni medidas de protección técnicas.
Tales medidas complementarias deben ser, entre otras:

- Dispositivos para la parada en caso de emergencia
- Medidas para liberar y rescatar a personas que hayan quedado encerradas
- Medidas para aislar y derivar energía eléctrica (➜ 2-4 y 2-5)
- Medidas preventivas para la manipulación sencilla y segura de máquinas y elementos pesados
- Medidas para acceso seguro a las máquinas

Si estas medidas complementarias dependen del correcto funcionamiento de los elementos de control correspondientes, son "funciones de seguridad" y deben cumplirse los requisitos de seguridad funcional (véase el capítulo "Aplicación de restablecimiento y rearranque" ➜ 3-65).

Actuaciones en caso de emergencia

Parada en caso de emergencia
En un caso de emergencia, no solo deben detenerse todos los movimientos peligrosos, sino también derivarse de manera segura todas las fuentes de energía que representen un peligro, p. ej., la energía acumulada. A esta actuación se la denomina parada de emergencia. Todas las máquinas (salvo las excepciones descritas en la Directiva de máquinas) deben contar, por lo menos, con un sistema o dispositivo de parada de emergencia.

- Los dispositivos de parada de emergencia deben ser de fácil acceso.
- La parada de emergencia debe detener el estado peligroso lo más rápido posible sin crear riesgos adicionales.
- La orden de parada de emergencia debe tener prioridad respecto a todas las otras funciones e instrucciones, independientemente del modo de funcionamiento.
- El restablecimiento del dispositivo de parada de emergencia no debe provocar el rearranque.
- Debe emplearse el principio de accionamiento directo con función de enclavamiento mecánico.
- La parada de emergencia debe ajustarse a las categorías de parada 0 o 1 (➜ 2-9).

Parada de emergencia
Si la energía eléctrica puede suponer un peligro o causar daños, debe preverse una parada de emergencia. En este caso, se desconecta el suministro de energía con dispositivos de conmutación electromecánicos.

- El suministro de energía solo debe poder conectarse de nuevo tras restablecer todas las órdenes de parada de emergencia.
- La parada de emergencia comporta una parada de categoría 0 (➜ 2-9).

Restablecimiento
Cuando se acciona un aparato para actuaciones en caso de emergencia, los dispositivos activados por esta circunstancia deben permanecer en el estado de desconexión hasta que se restablezca dicho aparato.
El restablecimiento de aparatos de mando debe efectuarse manualmente in situ. Con esto solo debe prepararse la máquina para ponerla de nuevo en marcha.

La parada de emergencia y la desconexión de emergencia son medidas de protección complementarias, no formas de reducir los riesgos que comportan las máquinas.

Requisitos y variantes
Los contactos de los aparatos de mando y señalización utilizados deben ser de apertura forzada. Los mandos deben ser rojos y el fondo, si lo hay, amarillo. Pueden utilizarse:

- Conmutadores accionados con pulsadores tipo seta
- Conmutadores accionados con alambres, cables o regletas
- Conmutadores de pie sin tapa (para parada de emergencia)
- Dispositivo de desconexión de la red

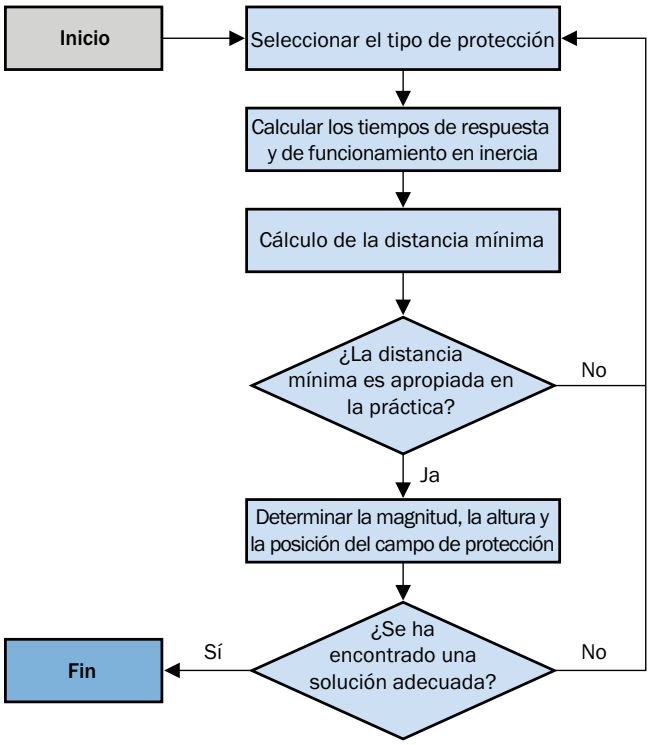
Si se utilizan alambres y cables como elementos de mando para dispositivos de parada de emergencia, deben diseñarse y disponerse de manera que puedan accionarse fácilmente y activen la función. Los dispositivos de restablecimiento deben disponerse de manera que, desde su ubicación, pueda verse la longitud completa del alambre o el cable.

➜ Principios de diseño para dispositivos de parada de emergencia: ISO 13850
➜ Parada en caso de emergencia: Directiva de máquinas 2006/42/CE

8008007/2015-07-07
Sujeto a cambio sin previo aviso

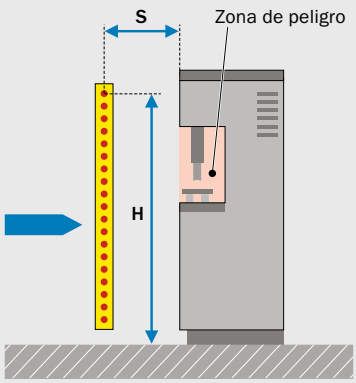
Elegir la ubicación y el tamaño de los dispositivos de protección

Un aspecto fundamental a la hora de elegir el dispositivo de protección más adecuado es el espacio disponible. Debe asegurarse de que el estado con potencial de riesgo haya desaparecido antes de que se alcance el punto de peligro.
La distancia mínima depende, entre otros factores, del tamaño y el tipo del dispositivo de protección.

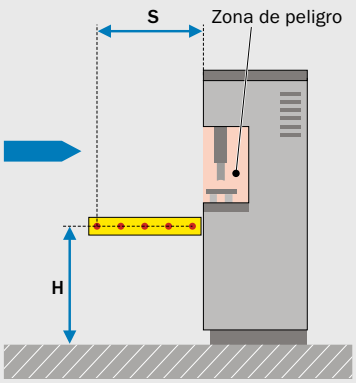


Distancia mínima para DPSC en función de la aproximación

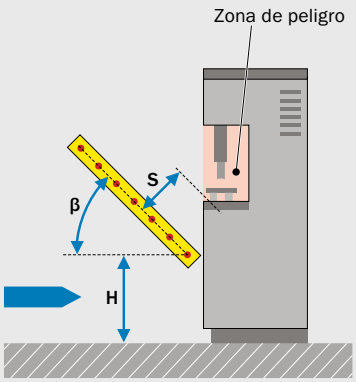
La distancia mínima debe considerarse en todos los DPSC con campo de protección bidimensional, como las cortinas fotoeléctricas, las barreras fotoeléctricas (DPOA), los escáneres láser (DPOARD) y los sistemas de cámaras bidimensionales. Por lo general, se distinguen tres tipos de aproximación.



Aproximación o acceso en ángulo recto al nivel del campo de protección



Aproximación o acceso paralelos al nivel del campo de protección



Aproximación en ángulo

Una vez elegido el DPSC que activará la parada, debe calcularse la distancia mínima necesaria entre el campo de protección del DPSC y el punto de peligro más cercano.

Deben tenerse en cuenta los parámetros siguientes:

- Tiempo de parada de la máquina
- Tiempo de respuesta del sistema de control de la seguridad
- Tiempo de respuesta del dispositivo de protección
- Suplementos en función de la capacidad de resolución del dispositivo de protección sin contacto, la altura del campo de protección y el tipo de aproximación

Si la distancia mínima es demasiado grande e inaceptable en cuanto a ergonomía, debe reducirse el tiempo total de parada de la máquina o elegirse un DPSC con resolución más precisa. Debe evitarse la posibilidad de acceso trasero.

→ El cálculo de la distancia mínima para un DPSC se describe en la norma ISO 13855 (normas tipo B).

Fórmula de cálculo general

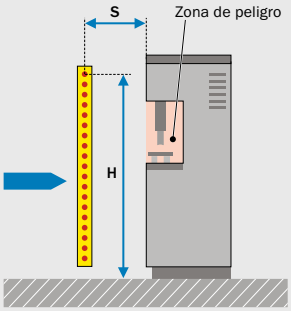
$$S = (K \times T) + C$$

Leyenda:

- **S** es la distancia mínima en milímetros, medida desde el punto de peligro más próximo, hasta el punto o línea de detección o el nivel de detección del dispositivo de protección.
- **K** es un parámetro, expresado en milímetros por segundo, que se basa en los datos de las velocidades de aproximación del cuerpo o las partes del cuerpo.
- **T** es el tiempo de marcha en inercia de todo el sistema en segundos.
- **C** es una distancia adicional en milímetros que establece cuánto debe penetrarse en la zona de peligro antes de que se active el dispositivo de protección. Si no es posible pasar el campo de protección del DPSC por encima, C dependerá de la capacidad de detección (resolución) del DPSC y se denomina C_{RT} (reach through = llegar a través). Si es posible pasar el campo de protección del DPSC por encima, C dependerá de la altura del campo de protección del DPSC y se denomina C_{RO} (reach over = llegar por encima).

La siguiente tabla contiene las fórmulas para calcular la distancia mínima S en función de la aproximación al campo de protección.

Aproximación en ángulo recto: β = 90° (± 5°)

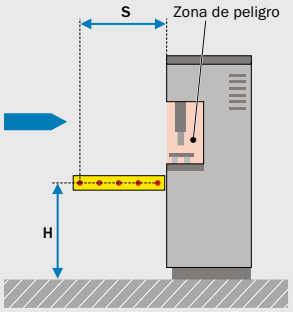


Paso 1: Cálculo de la distancia mínima S

d ≤ 40 mm	S = 2.000 × T + 8 × (d – 14) Si S > 500 mm, utilice: S = 1.600 × T + 8 × (d –14). En este caso, S no debe ser < 500 mm.	La distancia mínima S no debe ser < 100 mm. C = 8 × (d – 14) es aquí la distancia adicional en milímetros que establece cuánto debe penetrarse en la zona de peligro **antes** de que se active el dispositivo de protección.
40 < d ≤ 70 mm	S = 1.600 × T + 850	Altura del haz inferior ≤ 300 mm Altura del haz superior ≥ 900 mm
d > 70 mm	S = 1.600 × T + 850	**Número de haces** / **Alturas recomendadas** 4 / 300, 600, 900, 1.200 mm 3 / 300, 700, 1.100 mm 2 / 400, 900 mm (el valor de 400 mm solo puede usarse cuando no exista peligro de pasar por debajo).

Paso 2: Cálculo de la altura necesaria del borde superior del campo de protección (➜ 3-57)

Aproximación en paralelo: β = 0° (± 5°)



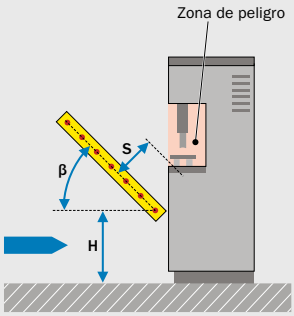
Paso 1: Cálculo de la distancia mínima S

	S = 1.600 × T + (1.200 – 0,4 × H) donde: C = (1.200 – 0,4 × H) ≥ 850 mm	H ≤ 1.000 mm

Paso 2: Cálculo de la resolución necesaria dependiendo de la altura del campo de protección

	$d \leq \frac{H}{15} + 50$ mm	H ≤ 1.000 mm d ≤ 117 mm

Aproximación en ángulo: 5° < β < 85°



β > 30°	Comp. aproximación en ángulo recto.	$d \leq \frac{H}{15} + 50$ mm se aplica al haz inferior.
β < 30°	Comp. aproximación en paralelo.	S se aplica al haz que esté más alejado de la zona peligrosa, cuya altura es ≤ 1.000 mm.

S: Distancia mínima
H: Altura del campo de protección (plano de detección)
d: Resolución del DPSC
β: Ángulo entre el plano de detección y la dirección de aproximación
T: Tiempo de marcha en inercia de todo el sistema

3 c

Casos especiales

Aplicación en prensas

Las normas tipo C específicas para la máquina pueden contener requisitos especiales que difieran de las normas generales. Particularmente para prensas de metales se aplica lo siguiente:

Cálculo del suplemento para prensas		
Resolución d (mm) del DPSC	**Suplemento C (mm)**	**Activación de la carrera por el DPSC/funcionamiento en modo de inicio de ciclo**
d ≤ 14	0	Permitido
14 < d ≤ 20	80	
20 < d ≤ 30	130	
30 < d ≤ 40	240	No permitido
> 40	850	

→ Normas para prensas: EN 692/693 (normas tipo C)

DPSC para detección de presencia

Se recomienda este tipo de protección para instalaciones grandes a las que se pueda acceder desde el suelo. En este caso concreto, debe impedirse que la máquina arranque (función de seguridad “impedir el arranque”) con un operador en el interior. Se trata de un dispositivo de protección secundario que detecta la presencia de personas en la zona de peligro y mientras tanto impide la puesta en marcha del estado con potencial de riesgo de la máquina. Además del DPSC para detección de presencia, debe haber una medida primaria de protección para la función de seguridad “activar parada”, p. ej., en forma de otro DPSC o de un dispositivo de protección.
En este caso debe calcularse la distancia mínima para el dispositivo de protección principal (p. ej., para una cortina fotoeléctrica vertical encargada de detener la instalación).

Escáner láser de seguridad en una estación de mecanizado como función de seguridad pos. 1, activar parada y función de seguridad pos. 2, impedir el arranque (detección de presencia)

8008007/2015-07-07
Sujeto a cambio sin previo aviso

Aplicaciones de DPSC en vehículos

Si es un vehículo lo que causa el estado con potencial de riesgo, se suele partir de su velocidad de marcha para calcular la distancia mínima, en lugar de la velocidad de aproximación de la persona. Si la distancia entre el vehículo (y con él el dispositivo de protección) y la persona se reduce, se da normalmente por supuesto que la persona percibe el peligro y se detiene o se aleja. Por lo tanto, la distancia mínima solo tiene que ser lo suficientemente grande para que el vehículo se detenga de manera segura.

Según la aplicación y la tecnología empleada, pueden requerirse suplementos de seguridad.

Aplicación fija de un DPSC que se desplaza con la herramienta

En el caso de algunas máquinas, por su función, los operadores están muy próximos a la zona de peligro. En las prensas dobladoras o rebordeadoras, deben mantenerse chapas pequeñas cerca del borde de doblado. Los dispositivos de protección integrados que generan un campo de protección alrededor de las aberturas de las herramientas han demostrado ser muy prácticos. Puesto que en este caso no se tiene en cuenta la velocidad de sujeción, no puede aplicarse la fórmula general.

Los niveles de resolución requeridos son muy elevados y deben evitarse reflejos en las superficies metálicas. Por esta razón se utilizan sistemas enfocados por láser con evaluación mediante cámaras. Este tipo de protección, junto con otras medidas (p. ej. los conmutadores de pie de 3 posiciones, la medición automática de la marcha en inercia, la obligación de llevar guantes, etc.), se establece en las normas tipo C.

➜ Seguridad de prensas dobladoras: EN 12622 (norma tipo C)

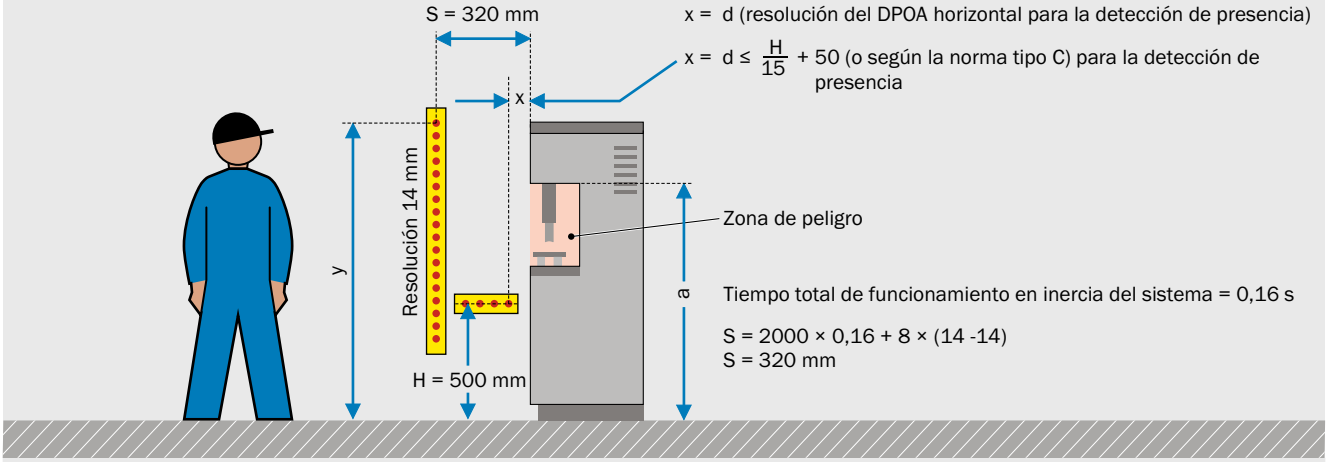
Para medir el tiempo de marcha en inercia y la distancia mínima necesaria, se requieren conocimientos técnicos y unos equipos especiales. SICK le ofrece un servicio de medición.

Ejemplos de cálculo de la distancia mínima

Solución 1: aproximación en ángulo recto – Protección de puntos de peligro con detección de presencia

Según el cálculo, como muestra la imagen, la distancia mínima es de S = 320 mm. Utilizando una cortina fotoeléctrica de seguridad con la máxima resolución posible, esta es ya la distancia mínima óptima.

Para que se detecte a la persona en cualquier punto de la zona de peligro, se utilizan dos DPOA: un DPOA vertical colocado a la distancia mínima calculada (aproximación vertical) y un DPOA horizontal para impedir pasar detrás.



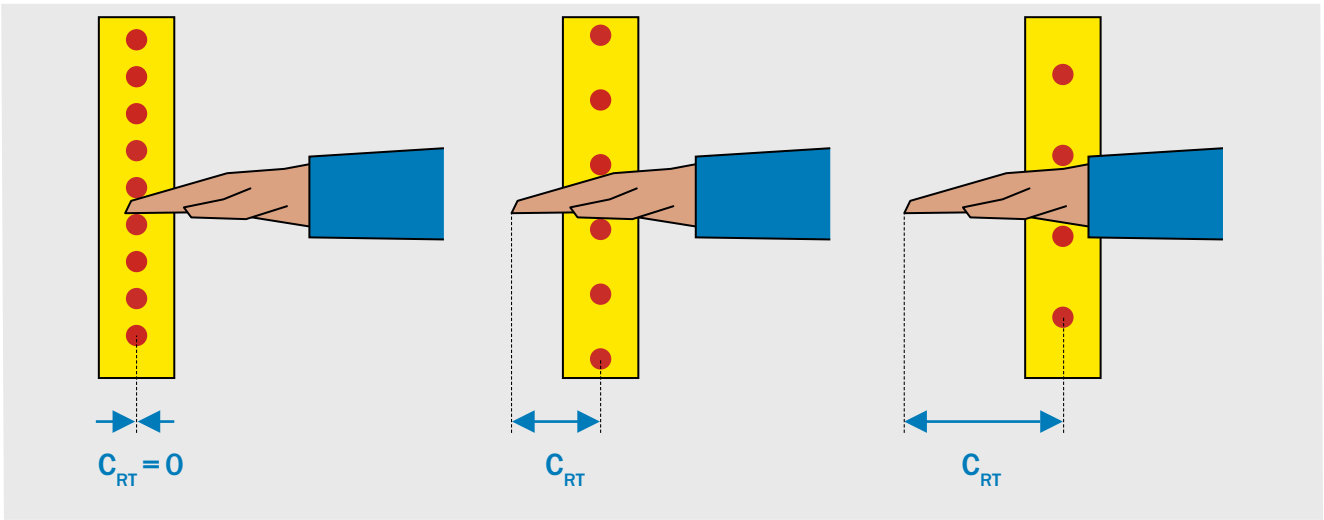
a = altura de la zona de peligro
d = capacidad de detección (resolución del DPOA)
H = altura de instalación
S = Distancia mínima

x = Final del campo de protección hasta la máquina
y = Altura del haz superior. Para determinarla, véase “Tamaño y altura necesarios del campo de protección del DPSC” ➜ 3-55

Suplemento determinado por la resolución C_{RT}

Dependiendo de su capacidad de detección (resolución), el DPSC puede activarse (detectar a una persona) cuando algunas partes del cuerpo ya hayan pasado el campo de protección.

Esto debe tenerse en cuenta añadiendo el suplemento determinado por la resolución C_{RT}.

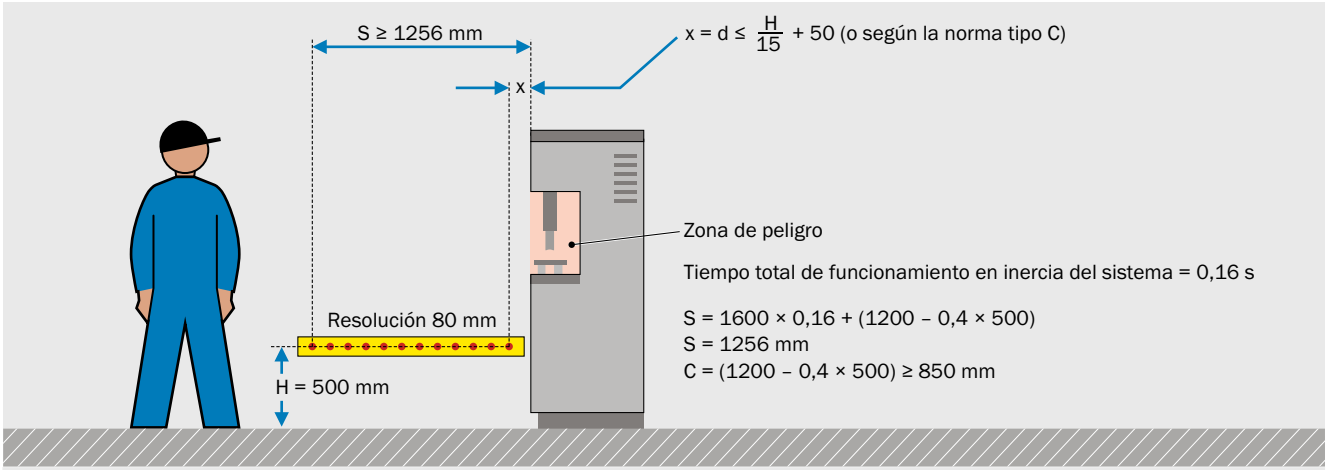


La imagen muestra a modo de ejemplo la penetración no detectada en cortinas fotoeléctrica de seguridad con diferentes capacidades de detección.

8008007/2015-07-07
Sujeto a cambio sin previo aviso

Solución 2: aproximación en paralelo – Protección de zonas de peligro

Se utiliza un DPOA horizontal. En la imagen de abajo se muestra el cálculo de la distancia mínima S y la posición del DPOA. Si se aumenta la altura de instalación del DPOA a 500 mm, se reduce la distancia de seguridad. Para esta altura puede utilizarse un DPOA con una resolución más precisa o igual a 80 mm. Sin embargo, no debe poderse acceder a la zona de peligro pasando por debajo del DPOA. Este tipo de protección se implementa a menudo también con DPOARD (escáneres láser). En este caso, deben sumarse unos complementos por la propia tecnología.



C = distancia adicional en milímetros que establece cuánto debe penetrarse en la zona de peligro para que se active el dispositivo de protección
d = capacidad de detección (resolución del DPOA)
H = altura de instalación
S = Distancia mínima
x = Distancia desde el final del campo de protección hasta la máquina

Solución 3: protección de acceso

Una protección de acceso dotada de tres haces (a alturas de 300 mm, 700 mm y 1.100 mm) permite una aproximación vertical. Con esta solución, un operador puede encontrarse entre la zona de peligro y el DPOA sin ser detectado. Por lo tanto, deben tomarse medidas de seguridad adicionales para reducir este riesgo. El dispositivo de mando (p. ej. el pulsador de restablecimiento) debe estar colocado de manera que pueda verse toda la zona de peligro. No deberá poderse alcanzar desde fuera.

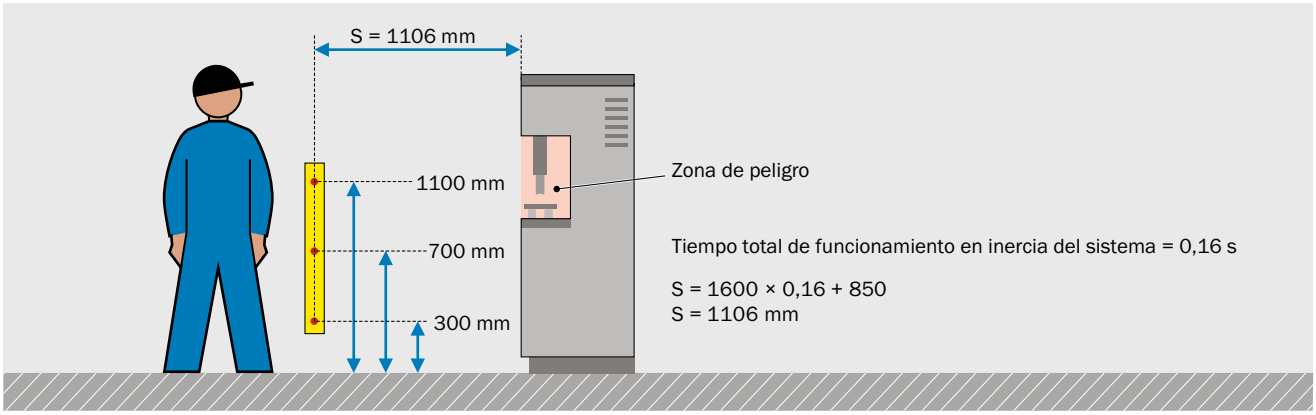


Tabla de resultados

En la siguiente tabla se muestra el resultado de las soluciones. Las exigencias de servicio determinarán la elección de una de las siguientes soluciones:

Solución con tiempo de marcha en inercia = 0,16 s		Ventajas	Inconvenientes
1	**Protección de puntos de peligro** **S = 320 mm**	• Mayor productividad, ya que el operador está más cerca del proceso de trabajo (distancias cortas) • Permite una un arranque o un funcionamiento cíclico automáticos • Ocupa el menor espacio	• Precio más elevado del dispositivo de protección por su elevada resolución y detección de presencia
2	**Protección de zonas de peligro** **S = 1.256 mm**	• Permite el arranque automático • Permite impedir el acceso independientemente de la altura de la zona de peligro	• El operador está mucho más alejado (distancias largas) • Ocupa más espacio • Menor productividad
3	**Protección de acceso** **S = 1.106 mm**	• La solución más económica • Permite impedir el acceso independientemente de la altura de la zona de peligro • Permite proteger varios lados mediante espejos de desvío	• El operador está mucho más alejado (distancias largas) • La peor productividad (se ha de restablecer siempre el DPSC) • Debe tenerse en cuenta el riesgo de traspasar el dispositivo de protección. No se recomienda si trabajan varias personas en el puesto de trabajo.

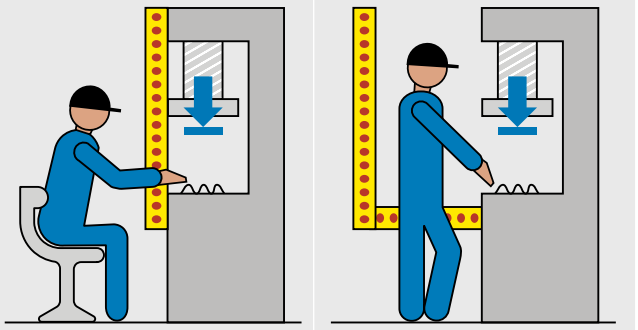
8008007/2015-07-07

Tamaño o altura necesarios del campo de protección del DPSC

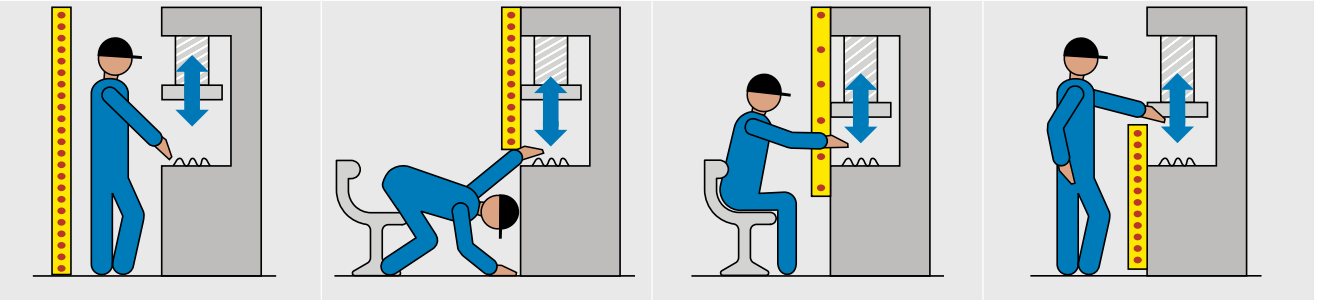
En el montaje de dispositivos de protección en general deben evitarse los errores siguientes:

- Solo debe poder accederse al punto de peligro a través del campo de protección.
- No debe poderse acceder a los puntos de peligro pasando por encima, debajo o los lados.
- Si es posible traspasar los dispositivos de protección, deben aplicarse medidas de seguridad adicionales (p. ej., bloqueo de rearranque, dispositivo de protección secundario, etc.).

Montaje correcto



Fallos de montaje peligrosos



Traspasar el sistema de protección

Acceso por debajo en posición agachada

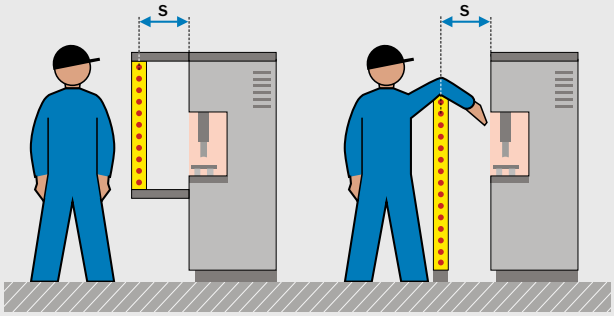
Acceso a través del sistema de protección

Acceso por encima

Una vez calculada la distancia mínima entre el campo de protección y el punto de peligro más próximo, debe determinarse en otro paso la altura necesaria del campo de protección. El objetivo es evitar que se pueda acceder desde arriba al punto de peligro.

Dispositivos de protección que permiten acceder al punto de peligro por arriba

Dependiendo de la altura y situación del campo de protección de un DPSC, de la forma de la máquina y de otros factores, es posible que pueda pasarse por encima el campo de protección de un DPSC, de modo que puedan alcanzarse los puntos de peligro antes de que finalice el proceso peligroso de la máquina y no se produzca el efecto protector deseado. La imagen muestra a modo de ejemplo comparativo un DPSC que no permite acceder por encima al punto de peligro y uno que sí permite acceder por encima al campo de peligro.



DPSC que no permite acceder por encima al punto de peligro

DPSC que permite acceder por encima al punto de peligro

Si no fuera posible excluir que se pueda acceder a (alcanzar) la zona de peligro por encima de un campo de protección vertical, será necesario determinar la altura del campo de protección y la distancia mínima del DPSC. Para ello, los valores calculados a partir de la posibilidad de detección de miembros o partes del cuerpo deben compararse con los valores resultantes de la posibilidad de acceso por arriba. Se aplicará el valor mayor que resulte de esta comparación. Esta comparación debe realizarse de conformidad con ISO 13855 apartado 6.5.

Considerar la posibilidad de acceder por arriba

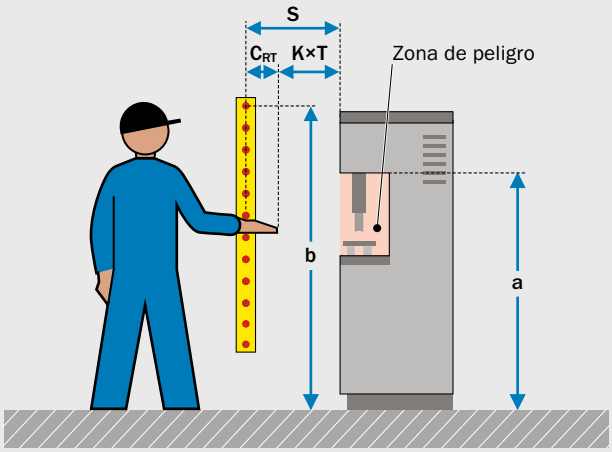
Si existe la posibilidad de que pueda accederse al punto de peligro pasando el campo de protección de un DPSC por arriba, será necesario aumentar la altura **b** del borde superior del campo de protección o ajustar el suplemento **C**. En ambos procesos deberá utilizarse la tabla correspondiente según la norma ISO 13855.

Consecuencias

En algunas aplicaciones en las que se usan DPSC con d > 40 mm (sistemas multihaz), podría aumentarse la distancia mínima o deberán utilizarse DPSC con d ≤ 40 mm (cortinas fotoeléctricas). Esto es válido para la aplicación de la norma ISO 13855.
Algunas normas de tipo C difieren de la norma ISO 13855 en el cálculo de las distancias mínimas.

Aumentar la altura del borde superior

La altura de la zona de peligro **a** y el suplemento determinado por la resolución C_{RT} se usan para calcular la altura necesaria del borde superior del campo de protección **b** cuando se mantiene la distancia mínima. Con la altura del borde superior del campo de protección calculada, no es posible llegar a la zona de peligro accediendo por arriba, por lo que no es necesario el suplemento C_{RO}.

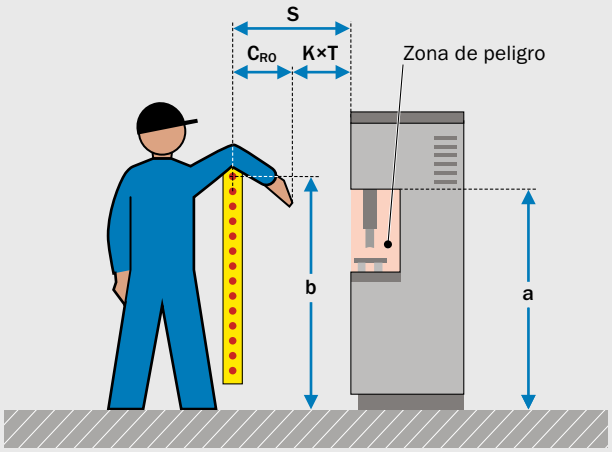


Parámetros para calcular la distancia mínima requerida cuando exista la posibilidad de acceder a través

8008007/2015-07-07
Sujeto a cambio sin previo aviso

Aumentar la distancia mínima (borde superior del campo de protección preestablecido)

En caso de que el borde superior del campo de protección **b** esté establecido por un producto ya existente, por ejemplo, deberá aumentarse la distancia mínima. Esto se consigue determinando la altura de la zona de peligro **a** y la altura del borde superior del campo de protección **b**.
El punto de intersección que haya resultado en la tabla describe la distancia de intrusión C_{RO}. En caso de que C_{RO} sea ≥ C_{RT}, el valor C_{RO} sustituirá al valor C_{RT} en el cálculo de la distancia mínima. Para el caso de que C_{RO} sea < C_{RT}, el valor C_{RT} se usará para calcular la distancia mínima.



Parámetros para calcular la distancia mínima requerida cuando exista la posibilidad de acceder por encima

Aplicación general:

$$C \geq C_{RO\ (acceso\ por\ encima)}\ y\ C \geq C_{RT\ (acceso\ a\ través)}$$

En las páginas siguientes encontrará las tablas necesarias según ISO 13855 y ejemplos para su uso.

3 c

Modo de calcular la altura necesaria del borde superior del campo de protección:

1. Determine la altura del punto de peligro **a** y busque el valor igual o más próximo en la columna izquierda.
2. Calcule el complemento C_{RT} determinado por la resolución según las fórmulas conocidas para la aproximación en ángulo recto:

   Busque en la fila determinada para **a** la última columna en la que la distancia horizontal suplementaria **C** sea igual o inferior al suplemento calculado en función de la resolución C_{RT}.
3. Consulte, en la fila inferior de la columna determinada en el paso 2, la altura resultante **b** del borde superior del campo de protección.

- DPSC, resolución d ≤ 40 mm: $C_{RT} = 8 \times (d - 14)$
- DPSC, resolución d > 40 mm: $C_{RT} = 850$ mm

Altura **a** de la zona de peligro (mm)	Distancia horizontal adicional **C** para la zona de peligro (mm)											
2.600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.500	400	400	350	300	300	300	300	300	250	150	100	0
2.400	550	550	550	500	450	450	400	400	300	250	100	0
2.200	800	750	750	700	650	650	600	550	400	250	0	0
2.000	950	950	850	850	800	750	700	550	400	0	0	0
1.800	1.100	1.100	950	950	850	800	750	550	0	0	0	0
1.600	1.150	1.150	1.100	1.000	900	850	750	450	0	0	0	0
1.400 ①	1.200	1.200	1.100	1.000	900	850 ②	650	0	0	0	0	0
1.200	1.200	1.200	1.100	1.000	850	800	0	0	0	0	0	0
1.000	1.200	1.150	1.050	950	750	700	0	0	0	0	0	0
800	1.150	1.050	950	800	500	450	0	0	0	0	0	0
600	1.050	950	750	550	0	0	0	0	0	0	0	0
400	900	700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
200	600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Altura b del borde superior del campo de protección (mm)											
	900	**1.000**	**1.100**	**1.200**	**1.300**	**1.400** ③	**1.600**	**1.800**	**2.000**	**2.200**	**2.400**	**2.600**

Ejemplo

- Resolución del DPSC: > 40 mm
- Altura **a** de la zona de peligro: 1.400 mm ①
- Suplemento determinado por la resolución **C**: 850 mm ②

La altura **b** del borde superior del campo de protección del DPSC no debe ser inferior a 1.400 mm ③; si fuera así, deberá incrementarse la distancia horizontal a la zona de peligro.

En el caso de que no pueda implementarse la altura necesaria del borde superior del campo de protección, deberá calcularse el suplemento CRO de la siguiente manera:

1. Determine la altura posible **b** del borde superior del campo de protección (DPSC planificado o existente) y busque el valor igual o más próximo al pie de la tabla.
2. Determine la altura del punto de peligro **a** y busque el valor en la columna izquierda. En el caso de valores intermedios, deberá seleccionarse la línea vecina (superior o inferior) que en el paso 3 tenga la distancia mayor).
3. Lea la distancia horizontal necesaria **C** en el punto de intersección de los dos valores.

Altura **a** de la zona de peligro (mm)	Distancia horizontal adicional **C** para la zona de peligro (mm)											
2.600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.500	400	400	350	300	300	300	300	300	250	150	100	0
2.400	550	550	550	500	450	450	400	400	300	250	100	0
2.200	800	750	750	700	650	650	600	550	400	250	0	0
2.000	950	950	850	850	800	750	700	550	400	0	0	0
1.800	1.100	1.100	950	950	850	800	750	550	0	0	0	0
1.600	1.150	1.150	1.100	1.000	900	850	750	450	0	0	0	0
1.400 ②	1.200	1.200	1.100 ③	1.000	900	850	650	0	0	0	0	0
1.200	1.200	1.200	1.100	1.000	850	800	0	0	0	0	0	0
1.000	1.200	1.150	1.050	950	750	700	0	0	0	0	0	0
800	1.150	1.050	950	800	500	450	0	0	0	0	0	0
600	1.050	950	750	550	0	0	0	0	0	0	0	0
400	900	700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
200	600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Altura b del borde superior del campo de protección (mm)											
	900	**1.000**	**1.100** ①	**1.200**	**1.300**	**1.400**	**1.600**	**1.800**	**2.000**	**2.200**	**2.400**	**2.600**

Ejemplo

- DPSC estándar de tres haces (300/700/1.100 mm)
- Altura **b** del borde superior del campo de protección: 1.100 mm ①
- Altura **a** de la zona de peligro: 1.400 mm ②
- El suplemento C_{RO} determinado por la posibilidad de acceso por arriba deberá ser de 1.100 mm ③ (en lugar de los 850 mm que eran habituales anteriormente)

3 c

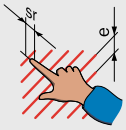
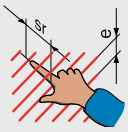
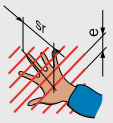
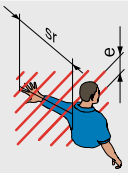
Para considerar la posibilidad de acceder por encima, la norma ISO 13855 ofrece la siguiente tabla. Con la ayuda de esta tabla se calcula el borde superior del campo de protección o la distancia mínima aumentada.

Altura **a** de la zona de peligro (mm)	Distancia horizontal adicional **C** para la zona de peligro (mm)											
2.600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.500	400	400	350	300	300	300	300	300	250	150	100	0
2.400	550	550	550	500	450	450	400	400	300	250	100	0
2.200	800	750	750	700	650	650	600	550	400	250	0	0
2.000	950	950	850	850	800	750	700	550	400	0	0	0
1.800	1.100	1.100	950	950	850	800	750	550	0	0	0	0
1.600	1.150	1.150	1.100	1.000	900	850	750	450	0	0	0	0
1.400	1.200	1.200	1.100	1.000	900	850	650	0	0	0	0	0
1.200	1.200	1.200	1.100	1.000	850	800	0	0	0	0	0	0
1.000	1.200	1.150	1.050	950	750	700	0	0	0	0	0	0
800	1.150	1.050	950	800	500	450	0	0	0	0	0	0
600	1.050	950	750	550	0	0	0	0	0	0	0	0
400	900	700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
200	600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Altura b del borde superior del campo de protección (mm)											
	900	**1.000**	**1.100**	**1.200**	**1.300**	**1.400**	**1.600**	**1.800**	**2.000**	**2.200**	**2.400**	**2.600**

Distancia de seguridad en resguardos físicos

Los resguardos físicos deben estar a una distancia suficiente de la zona de peligro en caso de que presenten aberturas. Esto también vale para las aberturas entre el dispositivo de protección y el armazón de la máquina, placas de sujeción, etc.

Distancia de seguridad en función de las aberturas de los resguardos físicos, conforme a ISO 13857

Parte del cuerpo		Abertura e (mm)	Distancia de seguridad (mm)		
			Ranura	Cuadrado	Círculo
Punta del dedo		e ≤ 4	≥ 2	≥ 2	≥ 2
		4 < e ≤ 6	≥ 10	≥ 5	≥ 5
Del dedo a la muñeca		6 < e ≤ 8	≥ 20	≥ 15	≥ 5
		8 < e ≤ 10	≥ 80	≥ 25	≥ 20
		10 < e ≤ 12	≥ 100	≥ 80	≥ 80
		12 < e ≤ 20	≥ 120	≥ 120	≥ 120
		20 < e ≤ 30	≥ 850	≥ 120	≥ 120
Del brazo al hombro		30 < e ≤ 40	≥ 850	≥ 200	≥ 120
		40 < e ≤ 120	≥ 850	≥ 850	≥ 850

3 c

8008007/2015-07-07
Sujeto a cambio sin previo aviso

Distancia de seguridad para resguardos físicos con bloqueo

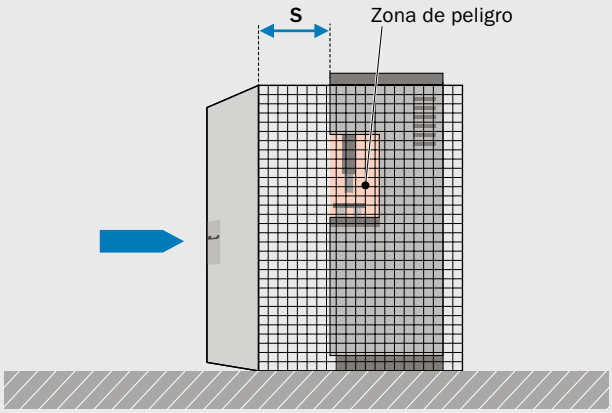
Leyenda:

- **S** es la distancia mínima en milímetros medida desde el punto de peligro más próximo hasta el punto de abertura más cercano a la puerta.
- **K** es un parámetro medido en milímetros por segundo que se basa en los datos de las velocidades de aproximación del cuerpo o de partes del cuerpo, por lo general 1.600 mm/s.
- **T** es el tiempo de marcha en inercia de todo el sistema en segundos.
- **C** es la distancia de seguridad extraída de la tabla correspondiente de la norma ISO 13857: (distancia de seguridad en función de las aberturas de los resguardos físicos). Esta distancia es necesaria en caso de que exista la posibilidad de introducir los dedos o la mano a través de una abertura en dirección a la zona de peligro antes de que se produzca una señal de parada.

Al igual que en el procedimiento para los dispositivos de protección sin contacto, para los resguardos físicos con bloqueo que activan una parada, también debe dejarse una distancia de seguridad. Como alternativa, los bloqueos con fijación pueden impedir el acceso hasta que haya desaparecido el peligro.

Fórmula de cálculo general

$$S = (K \times T) + C$$

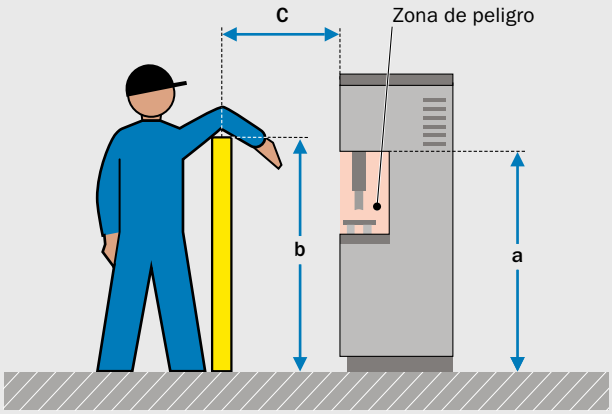


Distancia de seguridad para resguardos físicos con bloqueo

→ Cálculo de la distancia mínima para resguardos físicos con bloqueo: ISO 13855 (norma tipo B)

Altura necesaria de los resguardos físicos

Debe aplicarse el mismo procedimiento que en el caso de los DPSC también para los resguardos físicos. Según el peligro potencial, deben utilizarse tablas de cálculo diferentes. Para que no se pueda pasar por debajo de los resguardos físicos, suele bastar con que empiecen a 200 mm por encima del plano de referencia.



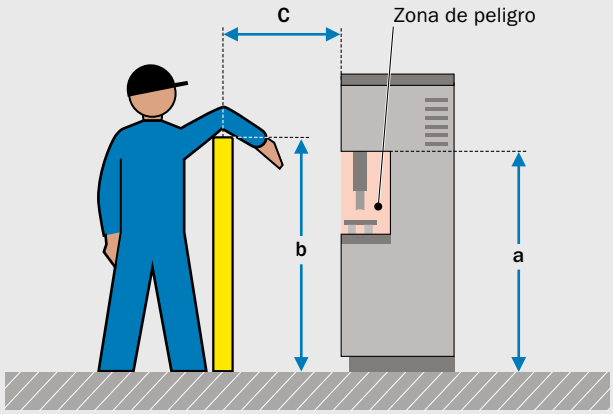
Parámetros para calcular la altura de los resguardos físicos necesaria

Altura requerida de los resguardos físicos con un peligro potencial bajo conforme a ISO 13857

Altura a de la zona de peligro (mm)	Distancia horizontal C respecto a la zona de peligro (mm)								
2.500	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.400	100	100	100	100	100	100	100	100	0
2.200	600	600	500	500	400	350	250	0	0
2.000	1.100	900	700	600	500	350	0	0	0
1.800	1.100	1.000	900	900	600	0	0	0	0
1.600	1.300	1.000	900	900	500	0	0	0	0
1.400	1.300	1.000	900	800	100	0	0	0	0
1.200	1.400	1.000	900	500	0	0	0	0	0
1.000	1.400	1.000	900	300	0	0	0	0	0
800	1.300	900	600	0	0	0	0	0	0
600	1.200	500	0	0	0	0	0	0	0
400	1.200	300	0	0	0	0	0	0	0
200	1.100	200	0	0	0	0	0	0	0
0	1.100	200	0	0	0	0	0	0	0
	Altura b del resguardo físico (mm)								
	1.000	1.200	1.400	1.600	1.800	2.000	2.200	2.400	2.500

8008007/2015-07-07
Sujeto a cambio sin previo aviso

Altura requerida de los resguardos físicos con un peligro potencial alto conforme a ISO 13857



Parámetros para calcular la altura de los resguardos físicos necesaria

Altura a de la zona de peligro (mm)	Distancia horizontal C respecto a la zona de peligro (mm)									
2.700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.600	900	800	700	600	600	500	400	300	100	0
2.400	1.100	1.000	900	800	700	600	400	300	100	0
2.200	1.300	1.200	1.000	900	800	600	400	300	0	0
2.000	1.400	1.300	1.100	900	800	600	400	0	0	0
1.800	1.500	1.400	1.100	900	800	600	0	0	0	0
1.600	1.500	1.400	1.100	900	800	500	0	0	0	0
1.400	1.500	1.400	1.100	900	800	0	0	0	0	0
1.200	1.500	1.400	1.100	900	700	0	0	0	0	0
1.000 ①	1.500	1.400	1.000	800	0 ②	0	0	0	0	0
800	1.500	1.300	900	600	0	0	0	0	0	0
600	1.400	1.300	800	0	0	0	0	0	0	0
400	1.400	1.200	400	0	0	0	0	0	0	0
200	1.200	900	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1.100	500	0	0	0	0	0	0	0	0
	Altura b del resguardo físico (mm)									
	1.000	1.200	1.400	1.600	1.800 ③	2.000	2.200	2.400	2.500	2.700

Siga estos pasos para determinar la altura del borde superior del dispositivo de protección necesaria para esta distancia de seguridad:

1. Determine la altura del punto de peligro **a** y busque el valor en la columna izquierda, p. ej., 1.000 mm.
2. Busque en esta fila la primera columna en la que la distancia horizontal **C** sea inferior a la distancia de seguridad calculada, p. ej., el primer campo con el valor “0”.
3. Consulte al pie de la tabla la altura resultante **b** para el resguardo físico, p. ej.,1.800 mm

Ejemplo para un peligro elevado

El resguardo físico, por lo tanto, debe empezar 200 mm por encima del nivel de referencia y acabar a 1.800 mm. Si el borde superior del resguardo físico ha de estar a 1.600 mm de altura, debe aumentarse la distancia de seguridad a 800 mm como mínimo.

→ Distancias de seguridad y altura requerida del campo de protección:: ISO 13857

Distancia de seguridad de los resguardos fijos físicos

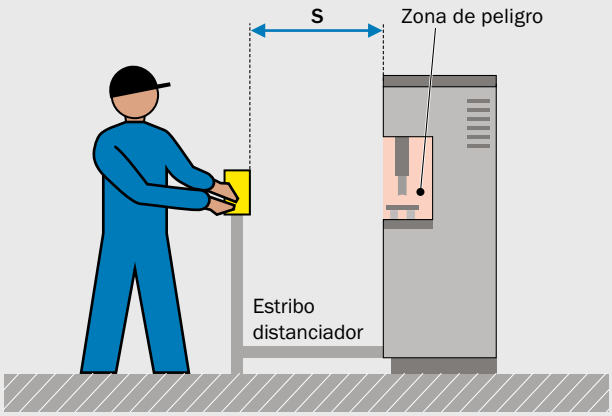
Leyenda:

- **S** es la distancia mínima en milímetros medida desde el mando hasta la zona de peligro más cercana.
- **K** es un parámetro medido en milímetros por segundo que se basa en los datos de las velocidades de aproximación del cuerpo o de partes del cuerpo, por lo general 1.600 mm/s.
- **T** es el tiempo de marcha en inercia de todo el sistema, medido en segundos, desde que se suelta el mando.
- **C** es un factor suplementario: 250 mm. Puede ser innecesario en algunas condiciones (p. ej., solapamiento del aparato de mando).

Si el dispositivo bimanual está montado en peanas móviles, debe garantizarse la distancia mínima necesaria mediante estribos distanciadores o cables de longitud limitada (para evitar que el operador se lo lleve a la zona de peligro).

Ejemplo: distancia mínima para dispositivos bimanuales

$$S = (K \times T) + C$$



→ Cálculo de la distancia mínima: ISO 13855 (Norma tipo B)

8008007/2015-07-07
Sujeto a cambio sin previo aviso

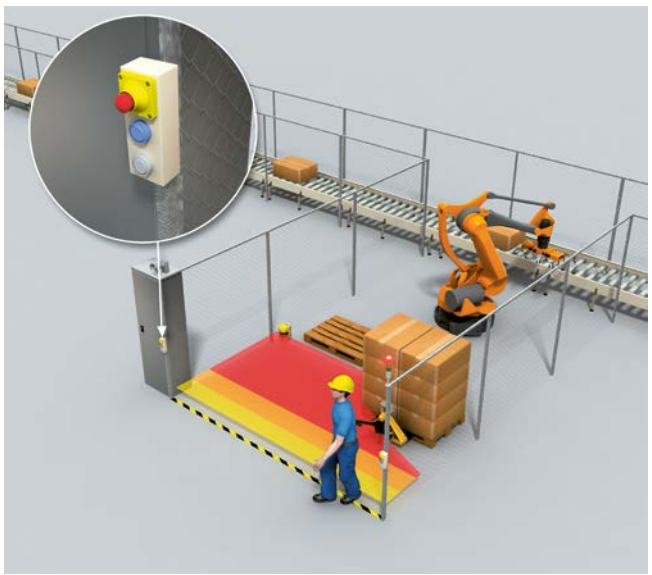
Aplicación de restablecimiento y rearranque

Si una orden de parada ha sido iniciada por un dispositivo de protección, deberá mantenerse el estado de parada hasta que se accione un dispositivo de restablecimiento (reset) manual y hasta que en un paso siguiente pueda arrancarse la máquina de nuevo (rearranque). Una excepción en este contexto es la utilización de dispositivos de protección que permiten detectar constantemente personas dentro de la zona de peligro (p. ej., la detección de presencia).

La función de restablecimiento manual debe proporcionarla un equipo independiente de manejo manual. El equipo debe estar configurado de tal forma que resista la solicitación previsible y que el efecto deseado solo pueda conseguirse con un accionamiento intencionado.

(⚠ Los paneles táctiles son inapropiados, por ejemplo). Según la norma ISO 13 849-1 (punto. 5.2.2), el restablecimiento solo debe producirse soltando el elemento de accionamiento en su posición (de activación) accionada. Por esta razón, para el procesamiento de señales rige el requerimiento de detección de flancos de señal descendentes del aparato de mando. Es decir, la confirmación debe producirse únicamente soltando el elemento de accionamiento desde su posición de activación (accionada). No debe llevarse a cabo hasta que todas las funciones de seguridad y los dispositivos de protección estén operativos.

El elemento de accionamiento para el restablecimiento debe colocarse en una posición segura fuera de la zona de peligro. Desde esa posición se tiene que poder ver la totalidad de la zona de peligro. Así puede comprobarse que no haya ninguna persona dentro de ella.



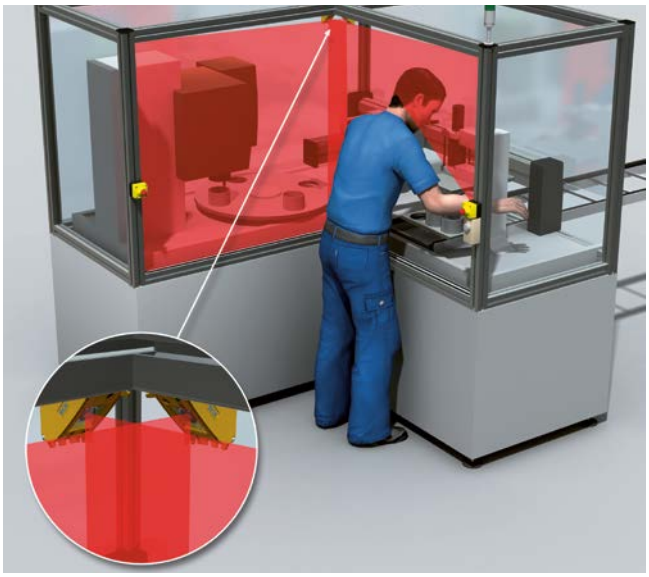
La ubicación del pulsador de restablecimiento del sistema permite divisar toda la zona de peligro para restablecer el dispositivo de protección.

La señal del dispositivo de restablecimiento forma parte de la función de seguridad, por lo que debe...

- estar cableada directamente en la unidad lógica de seguridad o
- ser transmitida por un sistema de bus de seguridad.

El restablecimiento no debe provocar el inicio de un movimiento o de una situación peligrosa. En lugar de eso, después del restablecimiento, el control de la máquina puede aceptar una orden de arranque por separado.

Protección de puntos de peligro sin restablecimiento



En esta disposición no es posible permanecer dentro de la zona de peligro sin activar el dispositivo de protección. Por eso, no es necesario restablecer por separado el dispositivo de protección (restablecimiento).

Integrar los dispositivos de protección en el control

Además de los aspectos mecánicos, también deberá integrarse un dispositivo de protección con control.

> “Los controles son grupos funcionales del sistema de información de una máquina y desempeñan funciones lógicas. Con arreglo a la tarea, coordinan los flujos de material y energía en el área de trabajo de la herramienta y del sistema de la pieza de trabajo. [...] Los controles se clasifican por la tecnología que emplean, es decir, por los portadores de información, en controles de fluidos, eléctricos y electrónicos.”
>
> De Alfred Neudörfer: Konstruieren sicherheitsgerechter Produkte (diseño de productos seguros), Springer-Verlag, Berlín (entre otras), ISBN 978-3-642-33889-2 (5.ª edición 2013)

El término genérico **control** engloba la cadena completa de un sistema de control. El control está formado por un elemento de entrada, la unidad lógica, el elemento de control de potencia y el elemento de accionamiento o de trabajo.
Los componentes de seguridad del control deben ejecutar funciones de seguridad. Por esta razón, están sujetos a unos requisitos especiales de fiabilidad y resistencia a los fallos. Se caracterizan por la aplicación de principios de control y prevención de fallos.

8008007/2015-07-07
Sujeto a cambio sin previo aviso

Control			Aspectos técnicos de seguridad	
Principio de funcionamiento del control		**Componentes típicos**	**Factores perturbadores**	**Descripción**
Fluídico	Neumático 	• Válvulas de varias vías • Válvulas de purga de aire • Válvulas de bloqueo manual • Filtros con separador de agua • Tubos flexibles	• Modificaciones de la energía • Pureza y contenido de agua del aire comprimido	Normalmente en forma de control electroneumático. Se necesita una unidad de mantenimiento para acondicionar el aire comprimido.
	Hidráulico 	• Acumuladores de aire comprimido • Limitadores de presión • Válvulas de varias vías • Filtros • Indicadores de nivel • Indicadores de temperatura • Tubos flexibles y tuberías • Racores	• Pureza • Viscosidad • Temperatura del fluido a presión	Normalmente en forma de control electrohidráulico. Se necesitan medidas para limitar la presión y temperatura del sistema y para la filtración del medio.

Eléctrico	Electromecánico 	• Aparatos de mando:
		  • Interruptores de posición
		  • Conmutadores selectores
		  • Pulsadores
		• Dispositivos de conmutación:
		  • Contactores de control
		  • Relés
		  • Dispositivos protectores de potencia
			• Clase de protección de los aparatos
			• Elección, tamaño y disposición de los componentes y aparatos
			• Tipo y tendido de los cables
				Si se eligen correctamente, los componentes son resistentes a la humedad, los cambios de temperatura y las perturbaciones electromagnéticas por su construcción y sus posiciones de conmutación claras.

	Electrónico 	• Componentes sueltos, p. ej.:
		  • Transistores
		  • Resistencias
		  • Condensadores
		  • Bobinas
		• Componentes con alto nivel de integración,
		p. ej., circuitos integrados (IC)
			Como los del tipo “electromecánico”. Adicionalmente:
			• Fluctuaciones de temperatura
			• Perturbaciones electromagnéticas producidas por conductores o campos
				No es posible excluir completamente los fallos.
				Solo se consigue un efecto fiable mediante conceptos de control, no a partir de la selección de componentes.

	Controlado por microprocesador 	• Microprocesadores
		• Software
			• Errores en la instalación del hardware
			• Errores sistemáticos, incluyendo los de modo común (Common Mode)
			• Errores de programación
			• Errores de manipulación
			• Errores de manejo
			• Manipulaciones
			• Virus
				• Medidas de prevención de errores:
				  • Diseño estructurado
				  • Análisis de programas
				  • Simulación
				• Medidas para el control de errores:
				  • Hardware y software redundantes
				  • Test de la RAM/ROM
				  • Test de la CPU

De Alfred Neudörfer: Konstruieren sicherheitsgerechter Produkte (diseño de productos seguros), Springer-Verlag, Berlín (entre otras), ISBN 978-3-642-33889-2 (5.ª edición 2013)

Los elementos de entrada de seguridad han sido descritos en el apartado de sensores de seguridad (dispositivos de protección). Por este motivo, a continuación solo se describen la unidad lógica y los actuadores.
Para la consideración de los actuadores desde el punto de vista de seguridad, nos remitimos a los elementos de control de potencia. Normalmente, se descartan los fallos y averías de los elementos de accionamiento y trabajo. (Un motor que no recibe energía conmuta a un estado sin peligro).

Los controles de fluidos se encuentran a menudo en forma de controles electroneumáticos o electrohidráulicos. Es decir, unas válvulas convierten las señales eléctricas en energía fluídica, con la que se mueven cilindros y otros actuadores.

➜ En www.sick.com encontrará ejemplos de circuitos para la integración de dispositivos de protección.

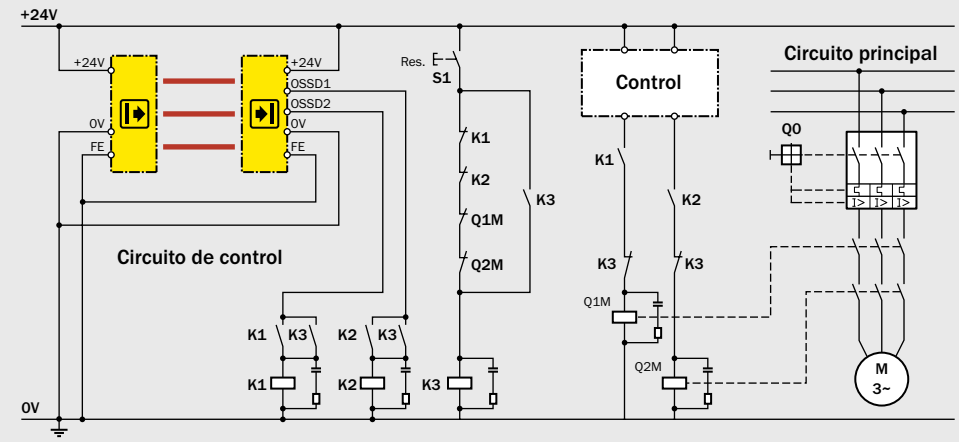
Unidades lógicas

En una unidad lógica se asocian diferentes señales de entrada (procedentes de las funciones de seguridad) con señales de salida. Para ello pueden utilizarse componentes electromecánicos, electrónicos o electrónicos programables.

Atención: las señales de los dispositivos de protección no deben ser procesadas exclusivamente por controladores estándar (PLC). Debe haber además canales de desactivación paralelos.

3 c

Unidad lógica con contactores

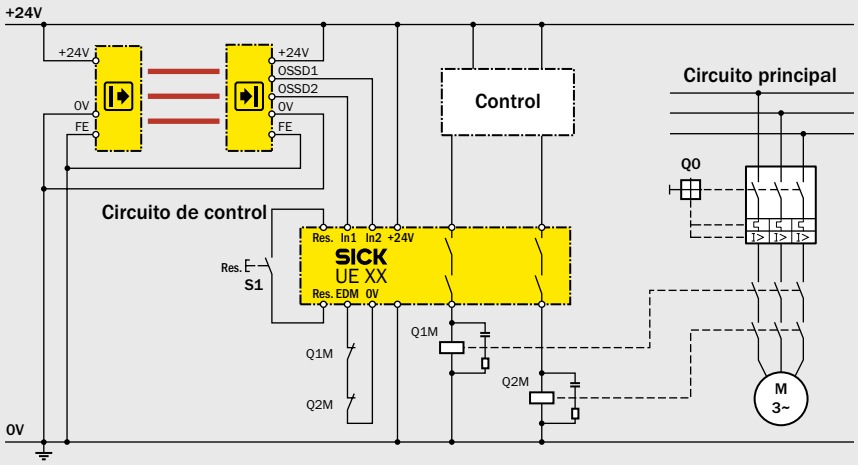


Utilizando contactores auxiliares individuales con contactos de accionamiento forzado, pueden construirse controles de una complejidad prácticamente ilimitada. La redundancia y la supervisión de los contactos de accionamiento forzado caracterizan este principio de seguridad. El enlace lógico se efectúa con el cableado.

Funcionamiento: Con los contactores K1 y K2 en la posición de reposo, al accionar S1 se conecta el contactor K3 y se mantiene por sí mismo. Si no se detectan objetos en el campo de protección activo, las salidas OSSD1 y OSSD2 conducen tensión. Los contactores K1 y K2 se activan a través de los contactos de cierre de K3 y se mantienen por sí mismos. K3 se desactiva al soltar el pulsador S1. Solo entonces se cierran los circuitos de salida. Si se detecta un objeto en el campo de protección activo, las salidas OSSD1 y OSSD2 desconectan los contactores K1 y K2.

8008007/2015-07-07
Sujeto a cambio sin previo aviso

Unidad lógica como equipo de conmutación de seguridad (combinación de relés de seguridad)



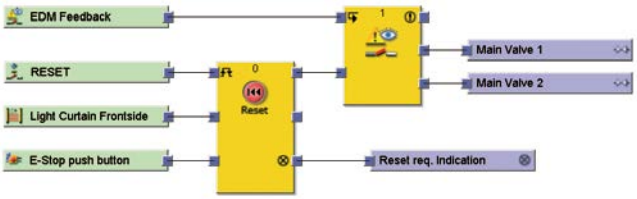
Los interruptores de seguridad reúnen en un encapsulado una o más funciones de seguridad. Por lo general disponen de funciones de autochequeo. Los canales de desactivación pueden ser de contactos o semiconductores. También pueden contener contactos de señalización.

Se simplifica la construcción de aplicaciones de seguridad más complejas. Además, el interruptor de seguridad certificado reduce los costes de validación propios de las funciones de seguridad. En lugar de relés, los componentes semiconductores pueden asumir la función de los elementos de control electromecánicos. Con medidas de detección de fallos, tales como la evaluación de señales dinámicas, o con medidas de control de fallos como el procesamiento de señales multicanal, los controles meramente electrónicos pueden alcanzar el grado de fiabilidad requerido.

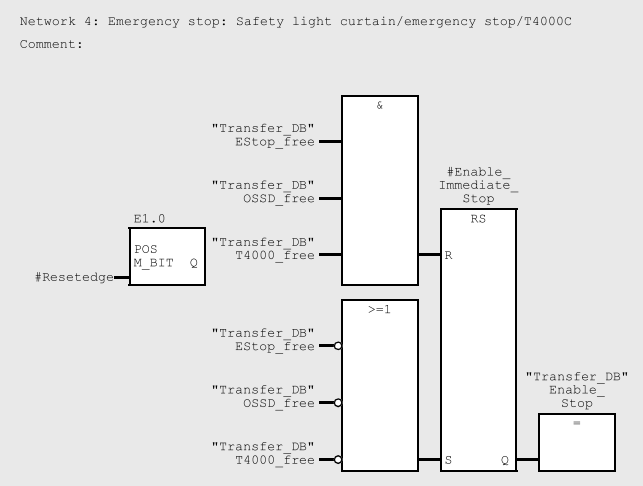
Unidad lógica con componentes basados en software
Al igual que la automatización industrial, la tecnología de la seguridad ha evolucionado de los contactores auxiliares cableados y los interruptores de seguridad (algunos con lógicas de seguridad parametrizables y configurables) hasta llegar a los sistemas PLC complejos a prueba de fallos. El concepto de “componentes probados” y “principios de seguridad probados” debe trasladarse a los sistemas eléctricos y electrónicos programables.
El enlace lógico para la función de seguridad se realiza mediante software. Aquí debe distinguirse entre firmware, desarrollado y certificado por el fabricante del control, y la aplicación de seguridad en sí, desarrollada por el fabricante de la máquina en el lenguaje de programación aportado por el firmware.

Configuración de parámetros
Selección de una serie de características de entre un conjunto preestablecido de funcionalidades mediante conmutadores selectores o parámetros de software, en el momento de la puesta en marcha.
Características: escasa complejidad lógica, lógica Y/O

Configuración
Enlace flexible de bloques de funciones predeterminados en una lógica certificada con interfaz de programación, configuración de parámetros, p. ej., de tiempos, y configuración de las entradas y salidas del control.
Características: complejidad lógica ilimitada, lógica binaria

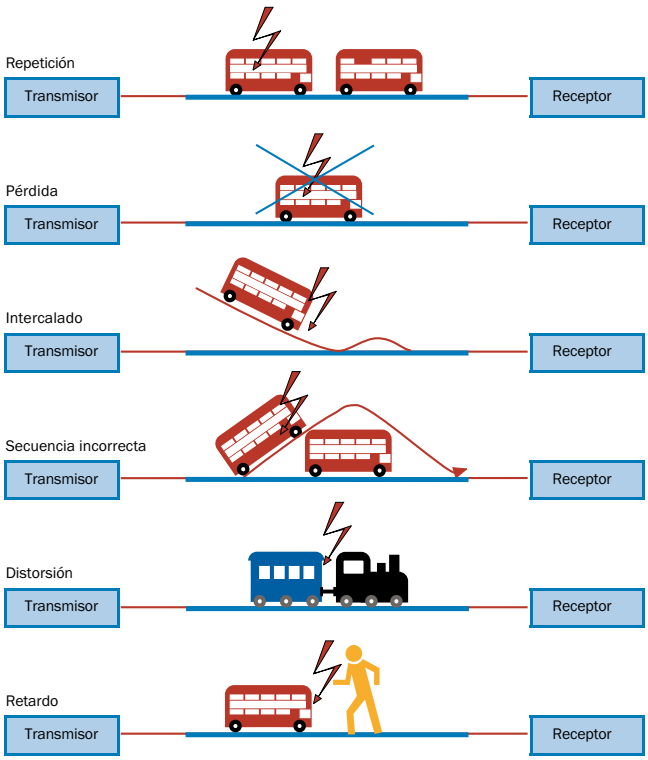


Programación
Definición libre de la lógica con un conjunto de funciones que depende del lenguaje de programación predeterminado, utilizando en la mayoría de casos bloques de funciones certificados.
Características: complejidad lógica ilimitada, procesamiento de palabras



Transmisión de datos fiable

Los sistemas de bus se utilizan, por una parte, para transmitir a la máquina señales entre el sistema de control y los sensores o actuadores. Y, por otra parte, estos sistemas se encargan también de transferir estados entre los distintos componentes de los controles. Un sistema de bus simplifica el cableado y reduce así posibles errores. En aplicaciones de seguridad, es conveniente emplear sistemas de bus consolidados.



Fuente: Sicherheitsgerechtes Konstruieren von Druck- und Papierverarbeitungsmaschinen – Elektrische Ausrüstung und Steuerungen; BG Druck- und Papierverarbeitung; edición 06/2004; página 79

Si se examinan atentamente distintos errores del hardware y el software, se observa que estos errores siempre se manifiestan en los mismos (a la vez que pocos) errores de transferencia de los buses.

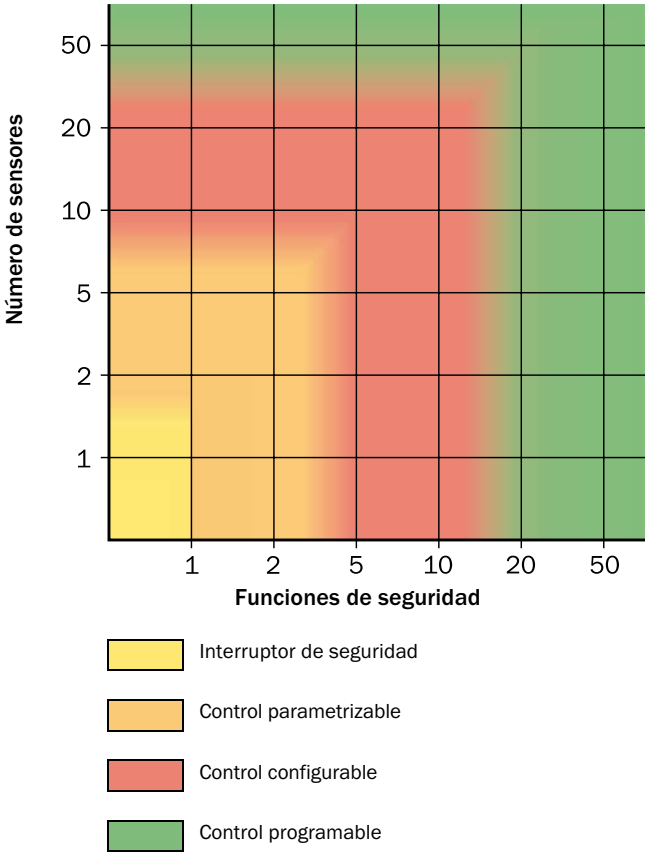
Contra los errores de transferencia anteriores pueden aplicarse múltiples medidas en el control superior, como la numeración consecutiva de los telegramas de seguridad o un tiempo de espera para los telegramas entrantes con confirmación. Las ampliaciones de protocolos basadas en el bus de campo empleado contienen estas medidas.

Actúan conforme al modelo de capas ISO/OSI por encima de la capa de transporte y utilizan, por lo tanto, el bus de campo sin modificaciones, con todos sus componentes como “Black channel”. Algunos sistemas de bus seguros de gran aceptación:

- AS-i Safety at Work
- DeviceNet Safety
- PROFIsafe

Criterios de selección

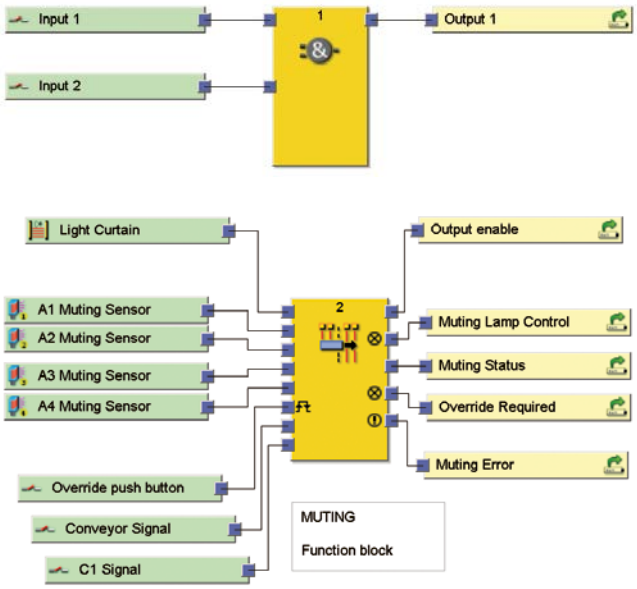
Los principales criterios de selección del tipo de control son el número de funciones de seguridad que deben implementarse y el volumen de enlaces lógicos entre señales de entrada.
La funcionalidad de la lógica de enlace necesaria, p. ej., Y sencillo, flip-flop o funciones especiales como el muting, influyen también en la elección.



Matriz de diseño

0 = 0 lógico u OFF
S = Habilitación del actuador (rearranque)
I = 1 lógico u ON
– = Estado igual

Entradas de relativas a la seguridad: Caso	Salidas relativas a la seguridad: Efecto: Robots	Mesa a la izquierda	Mesa a la derecha	⋮	⋮
Posición perdida	0	–	–		
Robot a la izquierda	S	–	–		
Robot a la derecha	S	–	–		
Robot en el centro	S	–	–		
Acceso a la izquierda	S	I	–		
Acceso a la derecha	–	–	I		
Parada de emergencia	0	0	0		
...					



Especificación del software

Para evitar que se produzca un estado con potencial de riesgo, las unidades lógicas, y especialmente las basadas en software, deben estar diseñadas para evitar errores lógicos de manera fiable. A fin de detectar errores sistemáticos, otra persona (además del programador) debería efectuar una comprobación sistemática, aplicando la filosofía de que “cuatro ojos ven más que dos”.
Una opción sencilla para implementar esta especificación es la llamada **matriz de diseño**. Con ella se agrupan determinadas combinaciones de señales de entrada relacionadas con la seguridad en casos separados (p. ej., “Posición perdida” o “Robot a la izquierda”). Estos casos deben actuar en las funciones de la máquina a través de las salidas relevantes para la seguridad, de acuerdo con la consigna de la función de seguridad. SICK también aplica este sencillo método en la configuración de software de aplicación.
Es útil realizar una revisión con todas las personas implicadas en el proyecto.
En los programas mal documentados y estructurados, los errores se producen al introducir modificaciones con posterioridad; sobre todo existe el peligro de dependencias no detectadas, que se conocen como efectos laterales. Una buena especificación y documentación de los programas contribuye de manera considerable a evitar errores, especialmente cuando el software ha sido desarrollado por terceros.

8008007/2015-07-07
Sujeto a cambio sin previo aviso

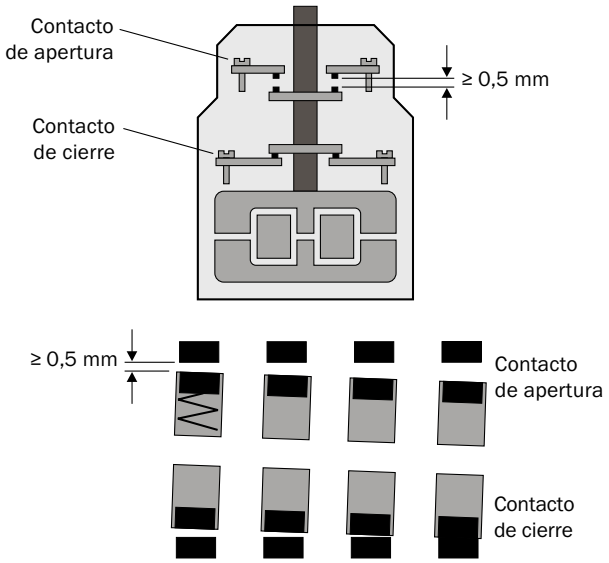
Elementos de control de potencia

La función de seguridad activada por los dispositivos de protección y la unidad lógica debe detener cualquier movimiento peligroso. Para ello, se suelen desconectar los elementos de accionamiento o de trabajo con la ayuda de elementos de control de potencia.

→ Principio de la desactivación o desconexión de energía: ISO 13849-2 (norma tipo B)

Contactores

Los elementos de control de potencia más utilizados son los contactores electromecánicos. Con criterios de selección, circuitos y medidas especiales, uno o más contactores pueden formar un subsistema de la propia función de seguridad. Un contactor se considera un componente de garantía debido a la protección que suministran los contactos frente a sobrecorriente y cortocircuito, así como por estar sobredimensionado (normalmente en un factor de 2) entre otras características.
Para poder diagnosticar contactores destinados a funciones de seguridad, se precisa una respuesta unívoca del estado de conmutación (EDM). Esto se consigue empleando contactores con contactos de accionamiento forzado. Se habla de accionamiento forzado cuando los contactos de un juego están conectados mecánicamente entre ellos, de tal forma que un contacto de cierre y un contacto de apertura nunca puedan estar simultáneamente cerrados en toda su vida útil.
El término “contactos de accionamiento forzado” se aplica en primera línea a contactores y contactos auxiliares. Incluso en un estado deficiente (un contacto de cierre mal soldado), debe garantizarse una distancia de contacto definida de 0,5 mm como mínimo en el contacto de apertura. Puesto que los dispositivos protectores de potencia para potencias de conmutación reducidas (< 4 kW) no presentan ninguna diferencia significativa entre los contactos principales y los auxiliares, también se pueden considerar “contactos de accionamiento forzado” a los protectores de potencia pequeños.
En los dispositivos protectores de potencia de mayores dimensiones, se utilizan los llamados “contactos simétricos”: mientras un contacto principal de un contactor está cerrado, no puede haber ningún contacto simétrico (contacto de apertura auxiliar) en el mismo estado. Una aplicación típica de los contactos simétricos es la vigilancia extremadamente fiable del estado de conmutación de contactores de los circuitos de control de las máquinas.



Fuente: Moeller AG

Sistema de contactos de un contactor con contactos de accionamiento forzado.
Un contacto de cierre está soldado.

3 c

Circuitos de protección

Las inductancias, como las bobinas de válvulas o contactores, deben dotarse de un circuito de protección para limitar las sobretensiones transitorias en la desconexión. De esta manera se protegen los elementos conmutadores contra esfuerzos excesivos, y en especial los semiconductores, que son particularmente sensibles a la sobretensión. Generalmente, estos circuitos influyen en el tiempo de apertura retardada y, por consiguiente, en la distancia mínima necesaria del dispositivo de protección (➜ 3-42). Un diodo sencillo para la extinción de chispas puede multiplicar por 14 el tiempo de desconexión.

Circuito de protección (mediante inductancia)	Diodo	Combinación de diodos	Varistor	Módulo RC
				
Protección contra sobretensión	Muy alta	Alta	Limitada	Alta [1]
Tiempo de abertura retardada	Muy prolongado (relevante para la seguridad)	Breve (pero hay que tenerlo en cuenta)	Muy breve (no es relevante para la seguridad)	Muy breve [1] (no es relevante para la seguridad)

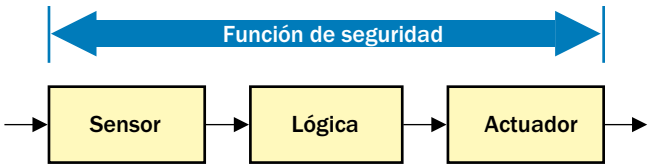
1) Es indispensable ajustar el elemento exactamente a la inductancia.

3 c

8008007/2015-07-07

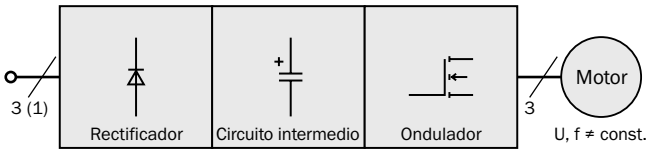
Técnica de propulsión

Considerando las funciones de seguridad, los accionamientos representan una subfunción central, porque de ellos (entre otros) emana el peligro de un movimiento involuntario.
La función de seguridad se extiende desde el sensor hasta el actuador (véase la imagen).



El actuador puede abarcar a varios componentes (contactor, regulador de accionamiento, realimentación), dependiendo de la ejecución técnica y de la función de seguridad. Cuando hay ejes sometidos a cargas por gravedad, también hay que tener en consideración los sistemas de frenado y retención.
El accionamiento (motor) en sí no es objeto de consideración.

Servoconvertidores y convertidores de frecuencia
En la técnica de propulsión, los motores trifásicos con convertidores de frecuencia han desplazado claramente a los de corriente continua. El convertidor de frecuencia genera una tensión de salida variable en frecuencia y amplitud a partir de la red de corriente trifásica. En función de la configuración, unos rectificadores regulados pueden realimentar a la red con la energía recogida durante el frenado del circuito intermedio. El rectificador transforma la energía eléctrica procedente de la red y la conduce al circuito intermedio de tensión continua. A partir de esta, y a fin de desempeñar las funciones de regulación deseadas, el ondulador genera un campo rotativo adecuado modulando la amplitud de pulsos con conmutadores semiconductores. Las frecuencia de conmutación habituales oscilan entre 4 kHz y 12 kHz.

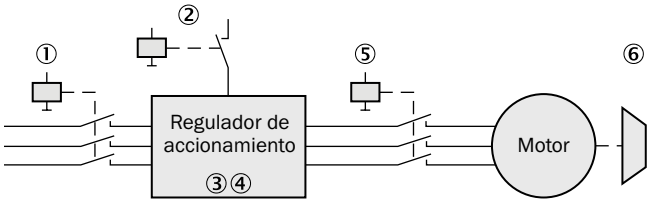


Para reducir las sobretensiones transitorias causadas por la conmutación de cargas en circuitos de corriente continua y alterna, deben emplearse elementos constructivos antiparasitarios, debiéndose encontrar en el mismo armario de distribución en caso de utilizarse grupos electrónicos sensibles.

Lista de comprobación

- ¿Se ha añadido un filtro de entrada de red en el convertidor de frecuencia?
- ¿Se ha provisto de un filtro sinusoidal al circuito de salida del convertidor?
- ¿Cables de interconexión lo más cortos posible y apantallados?
- ¿Componentes y pantallas conectadas a tierra o PE con una superficie grande?
- ¿Reactancia de conmutación conectada en serie para reducir la corriente de pico?

Funciones de seguridad de servoconvertidores y convertidores de frecuencia
Para implementar la función de seguridad, en el subsistema del actuador puede haber diferentes rutas de desactivación:



① Contactor de red – poco apropiado por el prolongado tiempo de reconexión, desgaste elevado por la corriente de arranque
② Liberación del regulador – no relativa a la seguridad
③ Bloqueo de impulsos “Bloqueo seguro de rearranque (parada)”
④ Valor nominal, no relativo a la seguridad
⑤ Contactor del motor. No todos los convertidores lo permiten
⑥ Freno de parada. Normalmente no es un freno de trabajo

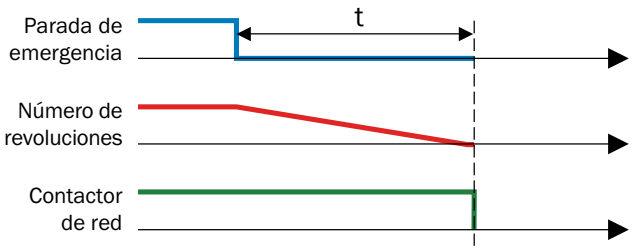
Una función de seguridad puede implementarse de diversos modos con un regulador de accionamiento:

- **Cortando la alimentación de energía**, p. ej., mediante un contactor de red ① o un contactor de motor ⑤.
- Por medio de **interconexiones externas**, p. ej., monitorizando un encoder
- Mediante **subfunciones de seguridad integradas** directamente en el regulador de accionamiento (➜ 3-76)

Corte de la alimentación de energía

Cuando se utilizan convertidores, al evaluar los riesgos debe tenerse en consideración la energía almacenada en las capacidades del circuito intermedio, o la energía generada en un proceso de frenado, respectivamente.

Al considerar el trayecto restante, hay que suponer que el control del movimiento no inicia una rampa de frenado. Al desactivarlo, el accionamiento se para con mayor o menor rapidez en función del rozamiento (categoría de parada 0). La activación de una rampa de frenado influyendo en el valor nominal y/o la liberación del regulador, y la subsiguiente desactivación de los contactores o del bloqueo de impulso (categoría de stop 1), puede disminuir el recorrido de frenado.



Detección de velocidad con unidades de supervisión externas

Para supervisar el accionamiento, las unidades de monitorización externas necesitan señales que proporcionen información sobre los parámetros de los movimientos actuales. En este caso, las fuentes de señales son sensores y encoders. Estos deben ser sensores de seguridad o redundantes, dependiendo del PL (nivel de rendimiento) o SIL requerido.

De forma alternativa, una supervisión de la parada también puede implementarse leyendo de vuelta la tensión inducida generada por el motor que se está parando por inercia. Esto también funciona en accionamientos regulados por la velocidad.

Subfunciones de seguridad incorporadas en el accionamiento

Las funciones de seguridad las llevan a cabo elementos de los controles (SRP/CS) relacionados con la seguridad. Abarcan las subfunciones de registro (sensor), procesamiento (unidad lógica) y conexión o actuación (actuador). En este contexto, las funciones dirigidas a la seguridad integradas en el regulador de accionamiento deben considerarse como subfunciones de seguridad.

En general se subdividen en dos grupos:

- Funciones de parada y de frenado de seguridad: sirven para parar con seguridad el accionamiento (p. ej., parada segura),
- Funciones de movimientos de seguridad: sirven para supervisar con seguridad el accionamiento durante su funcionamiento (p. ej., velocidad reducida con seguridad).

Generalmente, la función de supervisión del accionamiento necesaria varía en función de la aplicación. Se consideran condiciones marginales, entre otros elementos, los parámetros tales como el recorrido de frenado necesitado, la existencia de energía cinética, etc.

La reacción a la desactivación varía según la subfunción de seguridad que se elija. Así, por ejemplo, cuando se demanda una parada segura del par de giro (STO), provoca una inercia descontrolada durante el frenado del movimiento. Con una parada segura (SS1 o SS2) se activa un retardo controlado. Es posible que también haya que aplicar una combinación de subfunciones como medida apropiada.

Las interfaces posibles para activar subfunciones de seguridad integradas directamente en el accionamiento son:

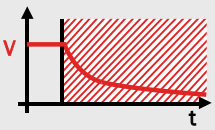
- Señales discretas de 24 V
- Comunicación guía (canal 1)/24 V discretas (canal 2)
- Sistemas de comunicación de seguridad (sistemas de bus de campo/interfaces de red)

Denominamos comunicación guía a una especificación del valor nominal dada por el control estándar sobre el número de revoluciones o la posición al accionamiento, a través de una red o de bus de campo que no es de seguridad.

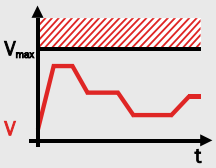
La mayoría de las subfunciones de seguridad disponibles actualmente para accionamientos con régimen variable están especificadas en la norma armonizada EN 61 800-5-2 “Accionamientos eléctricos de potencia de velocidad variable”, Parte 5-2 “Requisitos de seguridad – Seguridad funcional”. Los reguladores de accionamiento que cumplen esta norma pueden emplearse como componentes de seguridad de un sistema de control según ISO 13 849-1 o IEC 62061.

8008007/2015-07-07
Sujeto a cambio sin previo aviso

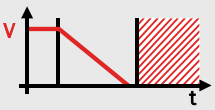
Funciones de seguridad de accionamientos según EN 61800-5-2



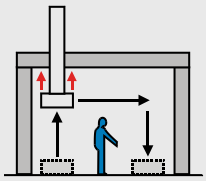
Detención segura del par de giro (STO)
- Corresponde a la categoría de parada 0 conforme a IEC 60204-1
- Parada incontrolada por interrupción inmediata de la alimentación de energía a los elementos de accionamiento
- Bloqueo seguro de rearranque: impide la puesta en marcha inesperada del motor



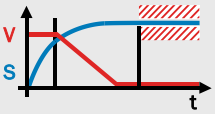
Velocidad máxima segura (SMS) [1]
- Supervisión segura de la velocidad máxima, independientemente del modo operativo



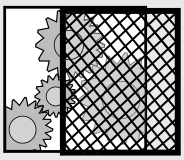
Parada segura 1 (SS1) [2]
- Corresponde a la categoría de parada 1 conforme a IEC 60204-1
- Parada controlada manteniendo la alimentación de energía a los elementos de accionamiento
- Tras la parada o dentro del límite de velocidad: activación de la función STO
- Opcional: supervisión de una rampa de frenado



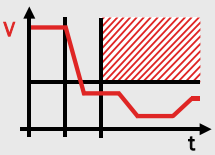
sistema seguro de frenado y retención (SBS) [1]
- El sistema seguro de frenado y retención controla y supervisa dos frenos independientes.



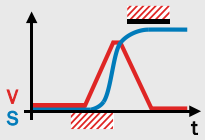
Parada 2 segura/parada segura de servicio (SS2, SOS) [2]
- Corresponde a la categoría de parada 2 conforme a IEC 60204-1
- Parada controlada manteniendo la alimentación de energía a los elementos de accionamiento
- Tras la parada: supervisión segura de la posición del árbol de accionamiento en el rango definido



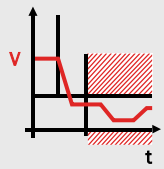
Bloqueo seguro de una puerta protectora (SDL) [1]
- El bloqueo de seguridad de una puerta protectora no se desbloquea hasta que todos los accionamientos de una zona protegida se encuentran en estado seguro.



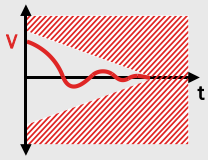
Velocidad limitada segura (SLS)
- Si se da la aprobación, en el funcionamiento especial se supervisa una velocidad reducida segura.
- En el caso de que se sobrepase la velocidad, se activará una de las funciones de parada de seguridad.



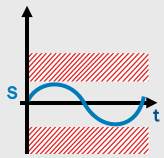
Paso limitado seguro (SLI)
- Si se da la aprobación, se supervisa un paso limitado seguro durante el funcionamiento especial.
- Luego se para el accionamiento con seguridad y permanece en esa posición.



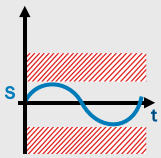
Dirección del movimiento segura (SDI)
- Además del movimiento seguro, se supervisa la dirección de giro segura (a la izquierda/a la derecha).



Retardo supervisado seguro (SMD) [1]
- Supervisión segura del retardo al parar con comportamiento previsible



Posición supervisada segura (SLP) [1]
- Además del movimiento seguro, se supervisa un rango de posición absoluta seguro.
- Si se superan los límites, se detendrá el accionamiento aplicando una de las funciones de parada (tener en cuenta la marcha en inercia).



Posición limitada segura (SPS)
- Supervisión de interruptores de software seguros

Fuente: Bosch Rexroth AG

1) No definido en IEC 61800-5-2.
2) Frenado no seguro: Si no se ha definido una rampa de frenado, durante el retardo no se detectará una aceleración del motor.

→ Seguridad funcional de accionamientos de potencia IEC 61800-5-2 (norma de tipo B)

Controles para fluidos

Válvulas

Todas las válvulas contienen elementos de conexión móviles (válvulas correderas de émbolo, empujadores, válvulas de asiento, etc.) que, por su función, están sometidas a desgaste mecánico.

Las principales causas de fallos de las válvulas relevantes para la seguridad son:

- Fallo de elementos funcionales de las válvulas (función de retroceso, función de conmutación, función de obturación)
- Impurezas en el fluido

Las impurezas constituyen un uso indebido y, en general, producen problemas de funcionamiento. Generalmente se puede aplicar a todas las válvulas que las impurezas producen desgaste precoz. Si se da esta situación, no se cumplen los principios utilizados para el diseño según una probabilidad de fallo definida.

Aunque los resortes mecánicos utilizados en válvulas monoestables para la función de retroceso están diseñados, en general, para resistir el servicio continuo y pueden considerarse probados conforme a ISO 13849-2, no se pueden excluir los fallos de rotura de los resortes.

Un rasgo diferenciador importante de las válvulas es la construcción de un elemento de conmutación móvil.

El modo de fallo de cada válvula está esencialmente determinado por su diseño constructivo. Mientras que en las válvulas de asiento hay que contar con que se produzcan fugas, en las válvulas correderas de émbolo se producen bloqueos de la válvula.

En las válvulas de asiento, la función de conmutación está determinada por el elemento de conmutación móvil (disco de válvula) que cambia su posición en relación al asiento integrado en la carcasa. Este diseño permite liberar grandes secciones con movimientos cortos. El riesgo de fugas se puede excluir con el diseño adecuado.

En el caso de las válvulas de émbolo, el cuerpo de válvula cierra o abre el paso del fluido mediante el cierre o no de un orificio o de una ranura periférica. Los cambios de sección de la válvula en relación a los cambios de sección de la carcasa influyen en el caudal y son conocidos como “flancos de mando”. Una característica esencial que debe respetar el diseño de estas válvulas es el llamado solapamiento (en inglés, lap). Este término significa la distancia en dirección longitudinal entre los flancos de mando fijos y móviles de las válvulas correderas. En válvulas de fuerte sellado duro, la distancia necesaria para el funcionamiento entre el émbolo y el orificio de la carcasa provoca una fuga en circunstancias de diferencia de presión.

Principios de diseño para la seguridad

Cuando se utilizan las válvulas con fines de seguridad, puede ser necesario tener un aviso que indique la posición de la válvula.

Esto se consigue de varias maneras:

- Con interruptores tipo Reed accionados por un imán insertado en el cuerpo móvil de la válvula
- Con conmutadores inductivos de proximidad, accionados directamente por el cuerpo móvil de la válvula
- Registrando analógicamente el recorrido del cuerpo móvil de la válvula
- Midiendo la presión existente tras la válvula

Al igual que en los contactores, en las válvulas electromagnéticas se requiere un circuito de protección para la bobina de inducción. La consideración relativa a la seguridad de los actuadores, en el sentido de la norma ISO 13849, considera las válvulas como elementos de control de potencia. El fallo de los accionamientos o elementos de trabajo debe considerarse también de acuerdo a sus posibles efectos.

8008007/2015-07-07
Sujeto a cambio sin previo aviso

Concepto de filtrado

La mayor parte de los fallos que se producen en el control técnico de fluidos se deben a impurezas del fluido correspondiente. Las dos causas principales son:

- Impurezas procedentes del montaje = suciedad durante el montaje (p. ej., virutas, arena de moldes, fibras de trapos de limpieza, suciedad del suelo)
- Impurezas procedentes del servicio = suciedad de servicio (p. ej., suciedad del entorno, abrasión de los componentes)

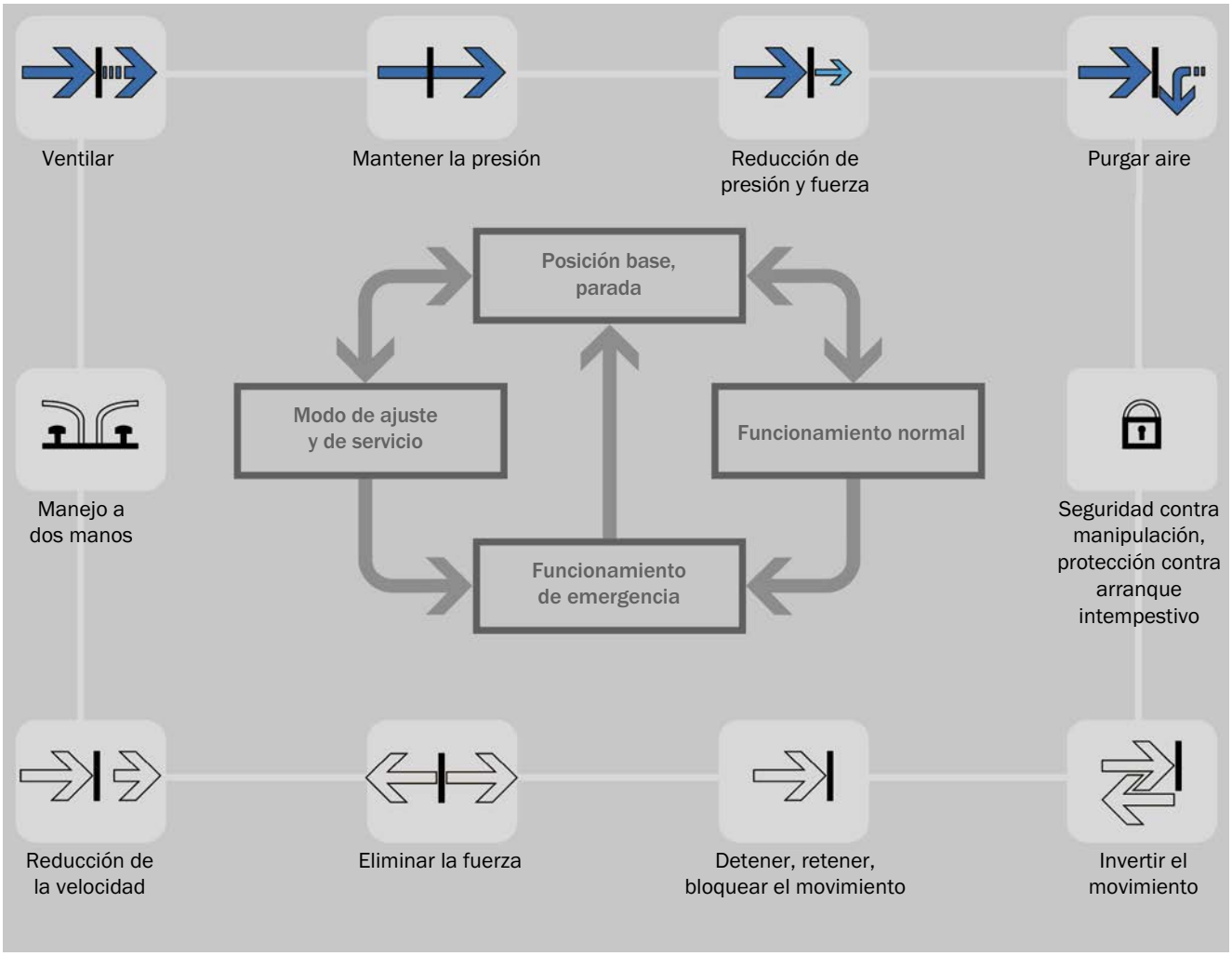
Deben utilizarse filtros para reducir estas impurezas a un nivel aceptable.

Por concepto de filtrado se entiende la elección de un principio de filtrado apropiado para la tarea requerida, así como la colocación de filtros en un lugar en el que cumplan su función. El concepto de filtrado debe ser capaz de retener la suciedad que se acumule en el sistema, a fin de asegurar la pureza requerida durante toda la vida útil.

→ Principios de seguridad probados: EN ISO 13849-2 (norma tipo B)
→ Requisitos de seguridad para instalaciones hidráulicas y neumáticas: ISO 4413, ISO 4414
→ Proceso de envejecimiento de válvulas hidráulicas: Informe BIA 6/2004

Seguridad neumática

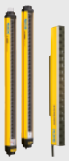
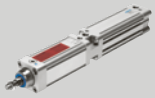
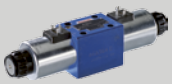
Los controles electroneumáticos implementan funciones de seguridad influyendo en las señales activadas por una unidad lógica a través de una combinación de válvulas como elementos que controlan la potencia de los elementos de accionamiento o de trabajo. Las funciones características relacionadas con la seguridad se asignan como subfunciones de seguridad a los modos de operación de una máquina. Además de los controles electroneumáticos, también hay controles meramente neumáticos. La ventaja de esta solución consiste en que el comportamiento determinístico de la neumática hace relativamente sencillo diseñar subfunciones de seguridad que son puramente neumáticas.



Efecto neumático directo sobre el movimiento
Efecto neumático indirecto sobre el movimiento

Fuente: Festo AG & Co. KG – Leitfaden Sicherheitstechnik

Sinopsis de productos de tecnología de seguridad de máquinas

Sensores	Lógica	Elementos de control de potencia
Cortinas fotoeléctricas de seguridad 	 Interruptores de seguridad	 Reguladores de accionamiento eléctricos con subfunciones de seguridad [1]
Sistemas de cámaras de seguridad 		
Barreras fotoeléctricas de seguridad multihaz 		 Válvulas neumáticas de seguridad[2]
Barreras fotoeléctricas de seguridad monohaz 		
Escáner láser de seguridad 	 Controladores de seguridad y Motion Control	 Contactores [3]
Dispositivos de bloqueo		
Con accionador independiente 		 Convertidores de frecuencia[4]
Con accionador para fijación por bloqueo 		 Frenos[2]
Para levas y reglas de conmutación 		
Con codificación magnética 	 Sensores en cascada de seguridad	 Válvulas neumáticas[1]
Con codificación RFID 		
Inductivos 		 Válvulas hidráulicas[1]
Pulsador de parada de emergencia interruptor de validación 		
Sistemas de realimentación del motor, encoders 		
Barreras fotoeléctricas, sensores inductivos y magnéticos 		

Soluciones de servicios de SICK

Por cortesía de: 1) Bosch Rexroth AG, 2) FESTO AG & Co. KG, 3) Eaton Industries GmbH, 4) SEW-EURODRIVE GmbH & Co. KG.

→ Encontrará todos los productos online en el buscador de productos de www.sick.com

3 c

Resumen: Diseñar la función de seguridad

Ideas fundamentales

- Diseñe un concepto de seguridad. Desarrolle un concepto de seguridad que tenga en cuenta las características de la máquina, el entorno, las personas, el diseño y los dispositivos de protección.
- Diseñe las funciones de seguridad con el nivel de seguridad requerido. Las funciones de seguridad se diseñan a partir de los subsistemas de sensores, lógica y actuadores.
- Determine el nivel de seguridad de cada subsistema a partir de los parámetros de seguridad técnica: estructura, fiabilidad, diagnóstico, resistencia y condiciones del proceso.

Características y aplicación de los dispositivos de protección

- Determine las características necesarias para su dispositivo de protección. ¿Necesita, p. ej., uno o más dispositivos de protección sin contacto (DPSC), dispositivos de protección separadores, resguardos físicos de tipo móvil o fijo?
- Determine la posición y las dimensiones correctas de cada dispositivo de protección, especialmente la distancia de seguridad o la distancia mínima, así como el tamaño y la altura del campo de protección necesarios para cada dispositivo.
- Integre los dispositivos de protección tal como se indique en las instrucciones de uso y el nivel de seguridad lo requiera.

Unidades lógicas

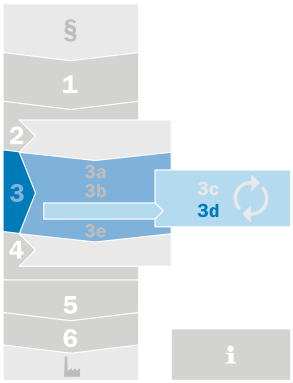
- Seleccione la unidad lógica apropiada basándose en el número de funciones de seguridad y la complejidad lógica.
- Emplee módulos funcionales certificados y procure que el diseño sea claro.
- Someta el diseño y la documentación a un examen minucioso (cuatro ojos ven más que dos).

Paso 3d: Verificar la función de seguridad

La verificación revela, mediante el análisis y/o la comprobación, si la función de seguridad cumple en todos los aspectos los objetivos y los requisitos de la especificación.

La verificación se divide fundamentalmente en dos partes:

- Verificación de la construcción mecánica
- Verificación de la seguridad funcional



Verificar la construcción mecánica del dispositivo de protección

En el caso de los dispositivos de protección mecánicos, debe comprobarse si se cumplen los requisitos de separación o distanciamiento respecto a los puntos de peligro o los requisitos sobre su capacidad de detener piezas proyectadas o radiaciones. Debería prestarse especial atención a los requisitos de ergonomía.

Efecto separador y/o distanciador

- Distancia de seguridad y dimensionamiento suficientes (acceso por encima, por debajo, etc.)
- Amplitud de los orificios de la malla o distancia adecuada entre las rejas en el caso de las vallas
- Resistencia suficiente y fijación adecuada
- Selección de las sustancias de trabajo adecuadas
- Construcción segura
- Resistencia al envejecimiento
- El dispositivo de protección debe estar diseñado de manera que no sea posible subirse a él

Capacidad de detener piezas proyectadas y/o radiaciones

- Suficiente solidez/resistencia a los golpes y a la rotura (capacidad de retención)
- Capacidad de retención suficiente para el tipo de radiación en cuestión, sobre todo si las temperaturas son peligrosas (calor, frío)
- Amplitud de los orificios de la malla o distancia adecuada entre las rejas en el caso de las vallas
- Resistencia suficiente y fijación adecuada
- Selección de las sustancias de trabajo adecuadas
- Construcción segura
- Resistencia al envejecimiento

Requisitos de ergonomía

- Translucidez o transparencia (observación del funcionamiento de la máquina)
- Formas, color, estética
- Manipulación (peso, accionamiento, etc.)

3 d

En este capítulo ...

La efectividad de un dispositivo de protección puede comprobarse con la ayuda de una lista de comprobación:

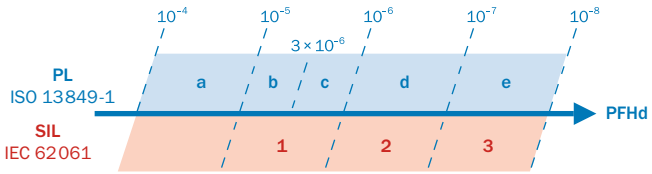
Ejemplo: lista de comprobación para fabricantes y montadores de dispositivos de protección (p. ej., de un DPSC)			
1.	¿El acceso a la zona o punto de peligro está suficientemente limitado y solo es posible a través de zonas protegidas (DPSC, puertas de protección con dispositivos de bloqueo)?	Sí ☐	No ☐
2.	¿Se han tomado las medidas apropiadas para evitar o supervisar la presencia sin protección de personas en la zona o punto de peligro (protección mecánica de presencia) y se han asegurado o bloqueado debidamente para que no se puedan suprimir?	Sí ☐	No ☐
3.	¿El dispositivo de protección corresponde al nivel de seguridad requerido (nivel de rendimiento o de integridad de seguridad) para realizar la función de protección?	Sí ☐	No ☐
4.	¿Se ha medido el tiempo máximo de parada o el tiempo de funcionamiento por inercia y se ha especificado y documentado (en la máquina o en la documentación de la misma)?	Sí ☐	No ☐
5.	¿Se ha respetado la distancia mínima o de seguridad del dispositivo de protección hasta el punto de peligro más próximo?	Sí ☐	No ☐
6.	¿Se impide de manera efectiva el acceso por debajo/arriba, el paso por debajo/arriba/por los lados del dispositivo de protección?	Sí ☐	No ☐
7.	¿Los equipos e interruptores se han fijado y ajustado correctamente para evitar su desplazamiento?	Sí ☐	No ☐
8.	¿Son eficaces las medidas de protección requeridas contra descargas eléctricas (clase de protección)?	Sí ☐	No ☐
9.	¿Está presente y montado correctamente el aparato de mando responsable del restablecimiento del dispositivo de protección o del rearranque de la máquina?	Sí ☐	No ☐
10.	¿Los componentes usados por los dispositivos de protección están montados siguiendo las indicaciones del fabricante?	Sí ☐	No ☐
11.	¿Son efectivas las funciones de protección que se han especificado con todos los modos de trabajo de la máquina?	Sí ☐	No ☐
12.	¿Son efectivos los dispositivos de protección durante el estado con potencial de riesgo al completo?	Sí ☐	No ☐
13.	¿Se detiene un estado con potencial de riesgo ya iniciado al desconectar o desactivar los dispositivos de protección, así como al cambiar ente ellos o a otro modo de operación?	Sí ☐	No ☐
14.	¿Las indicaciones destinadas al operador que acompañan al dispositivo de protección están ubicadas en un lugar bien visible?	Sí ☐	No ☐

8008007/2015-07-07
Sujeto a cambio sin previo aviso

Verificar la seguridad funcional

Conforme a las normas sobre seguridad funcional, el nivel de seguridad real debe corresponderse con el nivel de seguridad funcional. Para ello pueden emplearse dos métodos diferentes:

- Determinar el nivel de rendimiento alcanzado (PL) conforme a EN ISO 13849-1
- Determinar el nivel de integridad de seguridad alcanzado (SIL) conforme a IEC 62061



Con ambos métodos se comprueba si el nivel de seguridad requerido puede alcanzarse. Como magnitud característica cuantitativa, se utiliza el valor PFHd.
En los dos ejemplos siguientes (➜ 3-93 y ➜ 3-98) se dispone de los datos del sensor y la lógica, pero se carece de los del actuador.

- Nivel de rendimiento (PL): capacidad de los componentes de seguridad implicados de ejecutar una función de seguridad en condiciones previsibles a fin de lograr una determinada reducción de riesgo
- PFHd: probabilidad de un fallo peligroso por hora
- SILCL: límite de respuesta SIL (aptitud). Nivel discreto para determinar la integridad de la función de seguridad.

ISO 13849-1

Sensor	Lógica	Actuador
PL	PL	?

IEC 62061

Sensor	Lógica	Actuador
PFHd SILCL	PFHd SILCL	? ?

3 d

Determinar el nivel de rendimiento alcanzado (PL) conforme a ISO 13849-1

La norma ISO 13849-1 prevé dos procedimientos para determinar el nivel de rendimiento:

- **Procedimiento simplificado** (➜ 3-87):
  Se determina el nivel de rendimiento mediante una tabla a partir del nivel de rendimiento de los subsistemas
- **Procedimiento detallado** (➜ 3-88):
  Se calcula el nivel de rendimiento a partir de los valores PFHd de los subsistemas. (Este procedimiento solo se describe en la norma de forma indirecta).

Con el procedimiento detallado a menudo se calculan niveles de rendimiento más realistas que con el simplificado. En ambos procedimientos deben tenerse en cuenta además aspectos estructurales y sistemáticos para alcanzar el nivel de rendimiento.

Subsistemas

Las funciones de seguridad que se implementan con medidas de control se componen, por lo general, de la estructura de sensores, lógica y actuadores. Una cadena de este tipo puede contener tanto elementos discretos, como bloqueos de puertas protectoras o válvulas, como controladores de seguridad complejos. Por lo tanto, normalmente es necesario dividir las funciones de seguridad en subsistemas.

En la práctica, para determinadas funciones de seguridad se utilizan múltiples subsistemas ya certificados. Estos subsistemas pueden ser, por ejemplo, cortinas fotoeléctricas, pero también controladores de seguridad cuyo fabricante proporciona los valores PL y PFHd “precalculados”.

Estos valores solo son válidos dentro de la duración de uso que debe indicar el fabricante. Además de los aspectos cuantificables, deben verificarse también las medidas contra fallos sistemáticos.

➜ Otras indicaciones acerca de la validación: ISO 13849-2
➜ En www.dguv.de/bgia/13849 podrá encontrar numerosa información sobre verificación con la norma ISO 13849-1

8008007/2015-07-07
Sujeto a cambio sin previo aviso

Procedimiento simplificado

Este procedimiento permite estimar con la suficiente precisión el PL global para muchas aplicaciones, incluso sin conocer los distintos valores PFHd. Si se conoce el PL de todos los subsistemas, puede determinarse el PL total alcanzado por una función de seguridad mediante la tabla siguiente.

Este procedimiento se basa en valores medios dentro del rango de valores PFHd para los diferentes PL. Por ello, la aplicación del procedimiento detallado (ver siguiente apartado) puede proporcionar resultados más exactos.

Modo de proceder

- Determine el PL del subsistema o los subsistemas con el PL más bajo de una función de seguridad: **PL (low)**
- Determine el número de subsistemas con este PL (low): **n (low)**

Ejemplo 1:

- Todos los subsistemas alcanzan el PL “e”. Por lo tanto, el PL (low) más bajo es “e”
- El número de subsistemas con este PL es 3 (es decir, ≤ 3). Por lo tanto, el PL general alcanzado es “e”.
- De acuerdo con este procedimiento, si se añade otro subsistema con un PL “e”, el PL general baja a “d”

Ejemplo 2:

- Un subsistema alcanza el PL “d”; dos, el PL “c”. Por lo tanto, el PL (low) más bajo es “c”.
- El número de subsistemas con este PL es 2 (es decir, ≤ 2). Por lo tanto, el PL general alcanzado es “c”

PL (low) (PL más bajo de un subsistema)	n (low) (número de subsistemas con este PL)		PL (PL máximo alcanzable)
a	> 3	→	–
	≤ 3	→	a
b	> 2	→	a
	≤ 2	→	b
c	> 2	→	b
	≤ 2	→	c
d	> 3	→	c
	≤ 3	→	d
e	> 3	→	d
	≤ 3	→	e

→ Si no se conoce el PL de todos los subsistemas, también puede calcularse su nivel de seguridad siguiendo las indicaciones de la sección “Determinar el nivel de seguridad de un subsistema conforme a ISO 13849-1”.

Procedimiento detallado

Un criterio esencial, aunque no exclusivo, para determinar el PL es la “probabilidad de un fallo peligroso por hora (PFHd)” de los componentes de seguridad. El valor PFHd resultante se obtiene de sumar los PFHd individuales.

Además, el fabricante de un componente de seguridad puede haber aplicado limitaciones estructurales adicionales que también deben tenerse en cuenta en el cálculo total.

→ Si no se conoce el valor PFHd de todos los subsistemas, de esta manera puede calcularse su nivel de seguridad. Véase “Determinar el nivel de seguridad de un subsistema conforme a ISO 13849-1” más abajo.

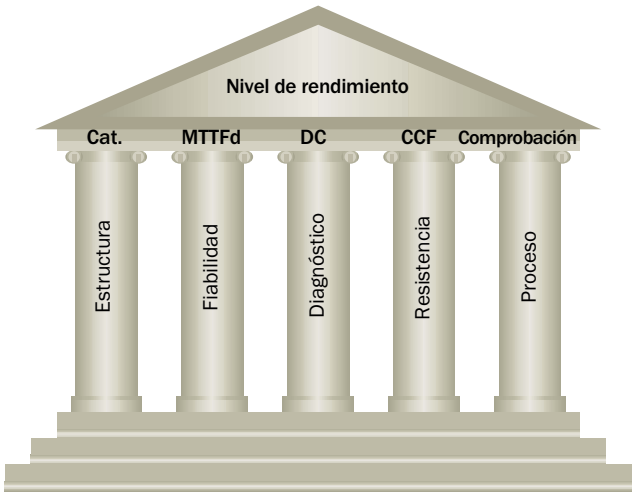
Determinar el nivel de seguridad de un subsistema conforme a ISO 13849-1

Un subsistema de seguridad puede estar formado por una gran variedad de componentes que pueden proceder de distintos fabricantes. Algunos ejemplos son:

- Lado de entrada: dos interruptores de seguridad en un resguardo físico
- Lado de salida: un contactor y un convertidor de frecuencia para detener un movimiento peligroso

En estos casos debe determinarse el PL de este subsistema por separado.
El nivel de rendimiento alcanzado por un subsistema se deriva de los parámetros siguientes:

- Estructura y comportamiento de la función de seguridad en condiciones de fallo (categoría → 3-89)
- Valores MTTFd de componentes individuales (→ 3-90)
- Cobertura del diagnóstico (DC → 3-91)
- Fallos por causa común (CCF → 3-91)
- Aspectos del software importantes para la seguridad
- Fallos sistemáticos



8008007/2015-07-07
Sujeto a cambio sin previo aviso

Categoría de los componentes de los controles relativas a la seguridad (ISO 13849-1)

Normalmente, los subsistemas son de tipo monocanal o bicanal. Si no intervienen otras medidas, los sistemas monocanal reaccionan a los fallos con un fallo peligroso.

Los fallos pueden detectarse mediante componentes adicionales de prueba o sistemas bicanal con verificación recíproca. La estructura se clasifica en categorías en la norma ISO 13849-1.

Categoría	Resumen de los requisitos	Comportamiento del sistema	Principios para conseguir la seguridad
B	Los componentes se seguridad de los sistemas de control y sus dispositivos de protección, así como sus módulos, deben cumplir con las normas correspondientes y estar diseñados, fabricados, seleccionados, ensamblados y combinados de manera que resistan las influencias previsibles.	• Si se produce un fallo, puede comportar la pérdida de la función de seguridad.	Se caracterizan principalmente por la selección de los componentes
1	Deben cumplirse los requisitos de la categoría B. Deben utilizarse componentes y principios de seguridad de eficacia probada.	• Si se produce un fallo, puede comportar la pérdida de la función de seguridad, pero la probabilidad del fallo es inferior a la de la categoría B.	
2	Deben cumplirse los requisitos de la categoría B y aplicarse principios de seguridad probados. El control de la máquina debe comprobar la función de seguridad a intervalos adecuados (frecuencia de las comprobaciones 100 veces superior a la de demanda).	• Si se produce un fallo, puede comportar la pérdida de la función de seguridad entre las comprobaciones. • La comprobación detecta la pérdida de la función de seguridad.	Se caracterizan principalmente por la estructura
3	Deben cumplirse los requisitos de la categoría B y aplicarse principios de seguridad probados. Los componentes de seguridad deben estar construidos de manera que: • un fallo aislado en cada uno de estos componentes no comporte la pérdida de la función de seguridad y • se detecte el fallo aislado, siempre que sea razonablemente factible.	• Cuando se produce este fallo aislado, se mantiene siempre la función de seguridad. • Se detectan algunos de los fallos, pero no todos. • Una acumulación de fallos no detectados puede comportar la pérdida de la función de seguridad.	
4	Deben cumplirse los requisitos de la categoría B y aplicarse principios de seguridad probados. Los componentes de seguridad deben estar construidos de manera que: • un fallo aislado en cada uno de estos componentes no comporte la pérdida de la función de seguridad **y** • el fallo aislado se detecte durante o antes de la siguiente demanda de la función de seguridad **o** • si esto no fuera posible, una acumulación de fallos no inhabilite la función de seguridad.	• Cuando se producen fallos, se mantiene siempre la función de seguridad. • Los fallos se detectan a tiempo para evitar la inhabilitación de la función de seguridad.	

Tiempo medio entre fallos peligrosos (MTTFd)

MTTF son las siglas de “Tiempo Medio Entre Fallos” (en inglés, Mean Time To Failure). Para su cálculo conforme a ISO 13849-1, deben considerarse solo los fallos peligrosos (de ahí la “d“, adicional, del inglés “dangerous”).
Este valor es una magnitud teórica e indica la probabilidad de que se produzca un fallo peligroso de un componente (no de todo el subsistema) dentro de la vida útil de dicho componente. La vida útil real del subsistema siempre es menor.

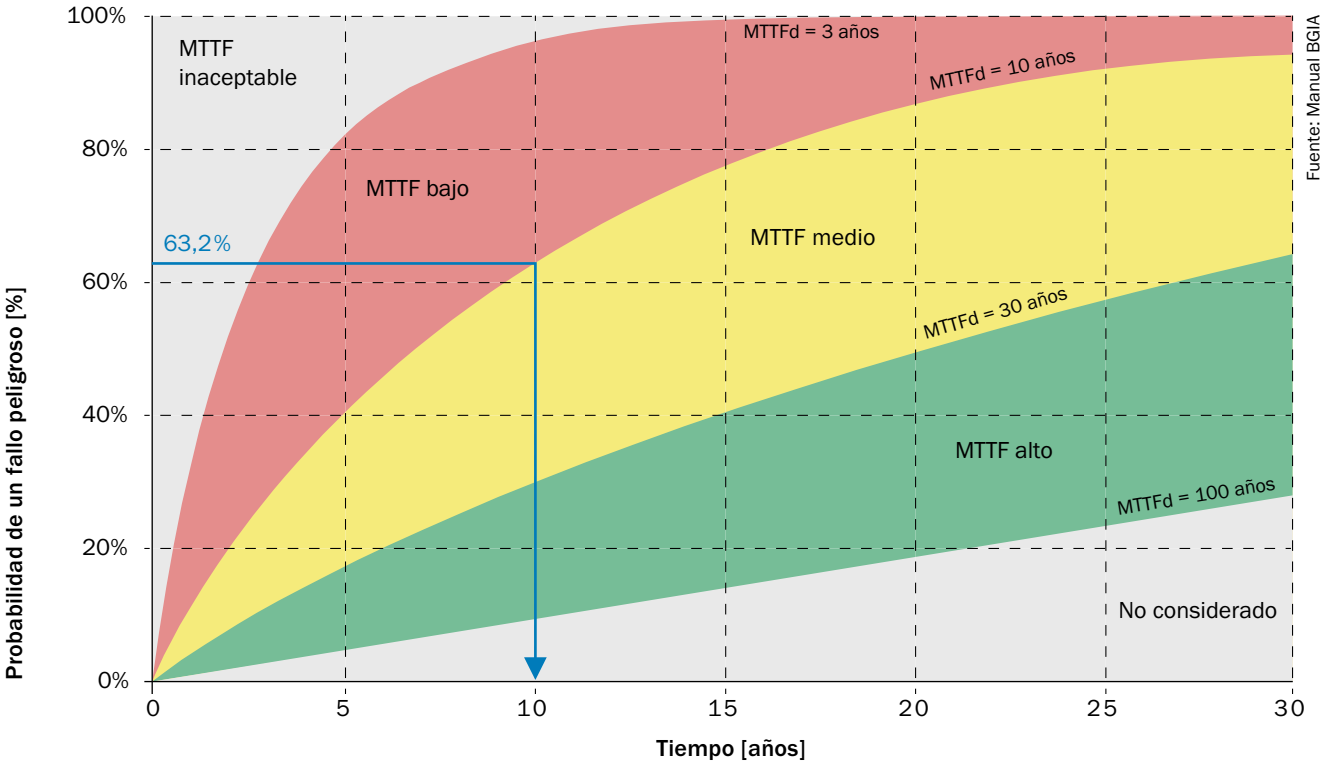
El valor MTTF puede derivarse de las tasas de fallos. Son tasas de fallos:

- Valores B_{10}de componentes electromecánicos o neumáticos. En estos componentes, el desgaste y, con él, la duración máxima admisible, dependen de la frecuencia de conmutación. B_{10} indica el número de ciclos de conmutación hasta que el 10% de los componentes falla.
- El valor B_{10d} indica la cantidad de ciclos de conmutación hasta que falla el 10% de los componentes peligrosos. Si no existe el valor B_{10d}, se puede adoptar de forma global un $B_{10d} = 2 \times B_{10}$.
- Para componentes electrónicos: valor lambda λ de la tasa de fallos. A menudo, la tasa de fallos se indica en FIT (fallos en un tiempo determinado). Un FIT es un fallo cada 10^9 horas.

La norma ISO 13849-1 distribuye los valores MTTFd en franjas:

Denominación	Franja
Bajo	3 años ≤ MTTFd < 10 años
Medio	10 años ≤ MTTFd < 30 años
Alto	30 años ≤ MTTFd < 100 años

Los datos de los componentes permiten calcular para todo el sistema el tiempo medio entre fallos peligrosos en años (MTTFd).
Para no sobrevalorar la influencia de la fiabilidad, se limitó el valor máximo útil del MTTFd a 100 años.



8008007/2015-07-07
Sujeto a cambio sin previo aviso

Cobertura del diagnóstico (DC)

El nivel de fiabilidad puede mejorarse si los subsistemas se verifican internamente. La cobertura del diagnóstico (DC – Diagnostic Coverage) es una magnitud de capacidad de detectar fallos peligrosos. Las comprobaciones deficientes detectan pocos fallos; en cambio, si son buenas, muchos o incluso todos.

En lugar del análisis exacto (FMEA), la norma ISO 13849-1 propone medidas y cuantifica la DC. También en este caso hay una distribución en diferentes franjas.

Denominación	Franja
Ninguna	DC < 60%
Baja	60% ≤ DC < 90%
Media	90% ≤ DC < 99%
Alta	99% ≤ DC

Resistencia a fallos por causa común

Las influencias externas (p. ej. nivel de tensión, sobretemperatura) pueden inutilizar al mismo tiempo componentes iguales, independientemente de su tasa de fallo o la calidad de la comprobación. (Tampoco ninguno de los dos ojos puede seguir leyendo el periódico si se va la luz repentinamente.) Estos fallos por causa común deben evitarse en todos los casos (CCF – Common Cause Failure).

El anexo F de la norma ISO 13849-1 ofrece un método simplificado, basado en un sistema de puntos, para determinar si se han tomado las medidas adecuadas contra CCF. La aplicación de las medidas respectivas da un número de puntos. Si se llega como mínimo a 65 puntos, se puede considerar que las medidas CCF son suficientes.

Requisito		Valor máximo	Requisito mínimo
Separación	Separación de los circuitos de señal, tendido separado, aislamiento, espacios de aire, etc.	15	**Valor total ≥ 65**
Diversidad	Diferentes tecnologías, componentes, modos de acción, diseños	20	
Proyecto, aplicación, experiencia	Protección contra sobrecarga, sobretensión, sobrepresión, etc. (según la tecnología)	15	
	Utilización de componentes y procedimientos con eficacia probada a lo largo de los años	5	
Análisis, evaluación	Uso de un análisis de fallos para evitar fallos por causa común	5	
Competencia, formación	Formación de los diseñadores para comprender y evitar las causas y las consecuencias de CCF	5	
Influencia del entorno	Comprobación de la CEM del sistema	25	
	Comprobación de la influencia de la temperatura, sacudidas, vibraciones, etc. en el sistema.	10	

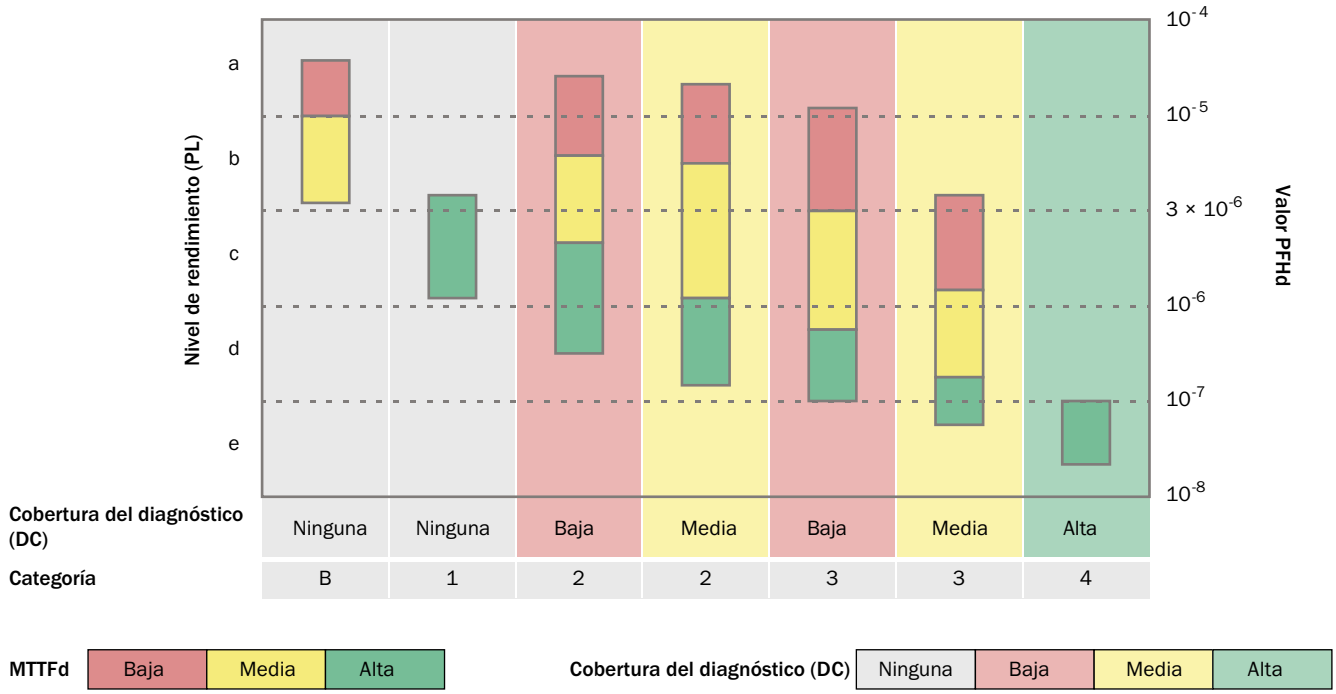
Proceso

Para garantizar que los aspectos anteriores se implementen correctamente en el hardware y el software, se comprueben exhaustivamente (cuatro ojos ven más que dos) y que una amplia documentación completa recoja la información sobre versiones y modificaciones, deben tenerse en cuenta los consejos de la Norma.

El proceso de la implementación correcta de los temas importantes para la seguridad es una responsabilidad de la dirección y los gestores, e incluye una gestión adecuada de la calidad.

Determinar el PL de un subsistema

La siguiente imagen muestra la relación entre el valor MTTFd (de cada canal), la DC y la categoría.



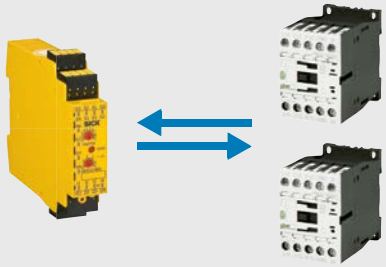
Un nivel de rendimiento “d” p. ej., puede alcanzarse con un control de dos canales (categoría 3). Para ello pueden usarse componentes de buena calidad (MTTFd = medio) si se detectan casi todos los fallos (DC = media) o bien con una calidad muy buena de los componentes (MTTFd = alto) si se detectan muchos fallos (DC = bajo).

Detrás de este procedimiento se oculta un complejo modelo matemático que el usuario no precisa conocer. Para garantizar un enfoque pragmático, los parámetros Categoría, MTTFd y DC están predefinidos.

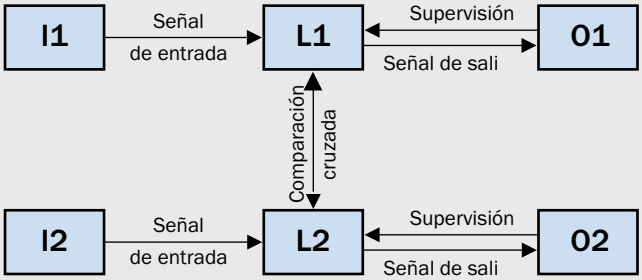
8008007/2015-07-07
Sujeto a cambio sin previo aviso

Ejemplo: Determinar el PL del subsistema “actuador”

1) Definición del subsistema “actuador”
El subsistema “actuador” está formado por dos contactores con “realimentación”. El accionamiento forzado de los contactos del contactor permite detectar cualquier fallo de este que afectaría a la seguridad (EDM).
En realidad, la unidad lógica UE410 no forma parte del subsistema “actuador”, pero se utiliza para el diagnóstico.



2) Establecer la categoría
Por tener seguridad intrínseca (con detección de fallos), es **apto para la categoría 3 o 4**.
Indicación: la categoría se establece definitivamente tras determinar el valor DC.



3) Determinar el MTTFd de cada canal
Puesto que los contactores son componentes sujetos a desgaste, debe determinarse su MTTFd partiendo del valor B_{10d} y la frecuencia de conmutación estimada (nop). Se aplica la fórmula que aparece a la derecha:
La frecuencia de conmutación se obtiene de las horas de servicio/día [hop], los días laborables/año [dop] y la frecuencia de conmutación por hora [C]:
Condiciones límite según el fabricante:

- B_{10d} = 2.600.000
- C = 1/h (supuesto)
- d_{op} = 220 d/a
- h_{op} = 16 h/d

Con estas condiciones límite, se obtiene un **MTTFd de 7.386 años** por canal, lo que se considera “alto”.

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

$$MTTFd = \frac{B_{10d}}{0,1 \times d_{op} \times h_{op} \times C}$$

MTTFd	Franja
Bajo	3 años ≤ MTTFd < 10 años
Medio	10 años ≤ MTTFd < 30 años
Alto	30 años ≤ MTTFd < 100 años

4) Determinar la DC
Puesto que los contactos son de accionamiento forzado, puede suponerse una **DC alta (99%)**, según la tabla de medidas de la norma ISO 13849-1.

DC	Franja
Ninguna	DC < 60%
Baja	60% ≤ DC < 90%
Media	90% ≤ DC < 99%
Alta	99% ≤ DC

3 d

Ejemplo: Determinar el PL del subsistema “actuador”

5) Valoración de las medidas para evitar los fallos por causa común

En los sistemas con varios canales se implementan medidas para evitar el llamado “efecto por causa común”. La valoración de las medidas suma una **puntuación de 75**, con lo que se cumple el requisito mínimo.

Requisito	Valor	Requisito mínimo
Separación	15	Valor total 75 ≥ 65
Diversidad	20	
Proyecto, aplicación, experiencia	20	
Análisis, evaluación	5	
Competencia/Formación	5	
Influencia del entorno	35	
	75	

6) Valoración de las medidas del proceso

También deben tenerse en cuenta aspectos de la prevención y control de fallos. Resultado:

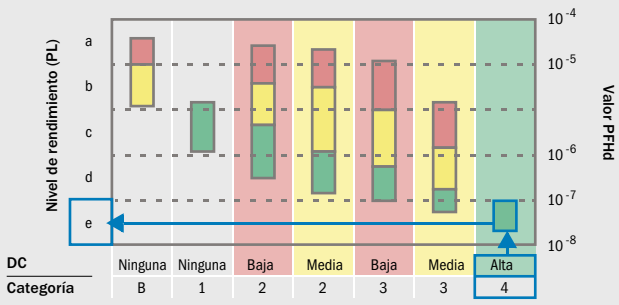
- Organización y competencia
- Reglas de diseño (p. ej. documentos de especificaciones, directrices de codificación)
- Concepto y criterios de comprobación
- Documentación y gestión de configuraciones

✔

7) Resultado

Consultando la figura (➜ 3-86) puede determinarse el PL del subsistema. En este caso, se alcanza el **PL “e”**.

El valor **PFHd resultante de 2,47 × 10^{-8}** para este subsistema puede extraerse de una tabla detallada en la norma ISO 13849-1. El valor DC alto supone que la estructura bicanal cumple los requisitos de la **Categoría 4**.



➜ Con los datos resultantes del subsistema, puede determinarse ahora el nivel de rendimiento alcanzado por la función de seguridad completa (véase “Determinar el nivel de rendimiento alcanzado (PL) conforme a ISO 13849-1“ ➜ 3-86).

Alternativa: determinar el nivel de integridad de seguridad alcanzado (SIL) conforme a IEC 62061

El nivel alcanzado de integridad de seguridad (SIL) se determina a partir de los criterios siguientes:

- La integridad de seguridad del hardware
  - Las limitaciones estructurales (SILCL)
  - Probabilidad de fallos casuales peligrosos en el hardware (PFHd)
- Los requisitos para la integridad de la seguridad sistemática
  - prevención de averías
  - control de los fallos sistemáticos

Como en la norma ISO 13849-1, la función de seguridad se descompone primero en bloques de funciones, para luego trasladarse a subsistemas.

Integridad de seguridad del hardware

Cuando se considera la función de seguridad en su totalidad, la integridad de seguridad del hardware se caracteriza por lo siguiente:

- El SILCL más bajo de un subsistema limita el SIL máximo alcanzable del sistema completo.
- El PFHd del control completo, resultado de sumar los PFHd individuales, no supera los valores indicados en la imagen “Verificar la seguridad funcional” ➜ 3-99.

Ejemplo

En la imagen superior, todos los subsistemas cumplen el SILCL3. La suma de los valores PFHd es inferior a 1×10^{-7}. Se han aplicado las medidas pertinentes para la integridad de seguridad sistemática; por lo tanto, la función de seguridad cumple SIL3.

Integridad de la seguridad sistemática

Cuando se conectan varios subsistemas para formar un control, deben tomarse medidas adicionales para la integridad de la seguridad sistemática.

Entre las medidas para evitar fallos sistemáticos de hardware están las siguientes:

- Un proyecto en consonancia con el plan de la seguridad
- funcional
- La selección, combinación, disposición, ensamblaje e instalación correctos de los subsistemas, incluyendo el cableado u otros medios de interconexión
- Su utilización dentro de la especificación del fabricante
- El cumplimiento de las indicaciones del fabricantes, p. ej., datos del catálogo, instrucciones de instalación y aplicación de prácticas de construcción de probada eficacia
- El cumplimiento de los requisitos de la norma IEC 60204-1 relativos a los equipos eléctricos

Además, debe tenerse en cuenta el control de fallos sistemáticos, p. ej.:

- Uso de un sistema de desconexión de energía para restablecer el estado de seguridad
- Medidas para controlar los efectos causados por los errores y otros efectos derivados de un proceso de transmisión de datos afectado, incluyendo fallos en la transmisión, repeticiones, pérdida, intercalado, secuencia incorrecta, distorsión, retardo, etc.

Determinar el nivel de seguridad de un subsistema conforme a IEC 62061

La norma IEC 62061 también permite determinar el nivel de seguridad de subsistemas obtenidos a partir de la conexión de componentes separados.

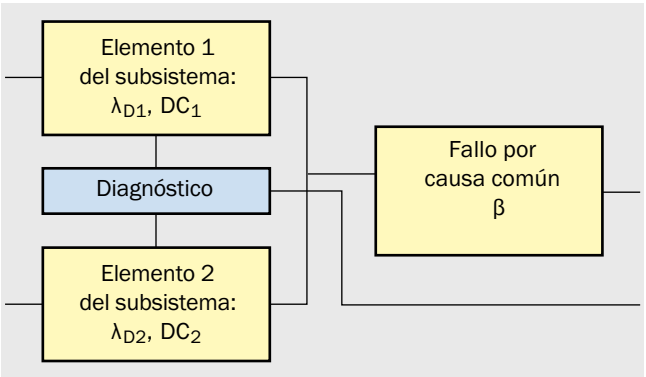
El nivel de integridad de seguridad (SIL) alcanzado por un subsistema se determina a partir de los parámetros siguientes:

- Tolerancia del hardware a los fallos (HFT)
- Valor PFHd
- Porcentaje de fallos seguros (SFF)
- Fallo por causa común (CCF)
- Aspectos del software importantes para la seguridad
- Fallos sistemáticos

Tolerancia del hardware a los fallos (HFT)

La norma IEC 62061 determina la estructura basándose en el tipo de subsistema y la tolerancia del hardware a los fallos (HFT).

HFT 0 significa que un solo fallo en el hardware puede suprimir el efecto protector (sistemas monocanal). HFT 1 significa que, con un solo fallo en el hardware, se mantiene el efecto protector (sistemas bicanal).



Probabilidad de fallos casuales peligrosos en el hardware (PFHd)

Además de las limitaciones estructurales, debe tenerse en cuenta la "probabilidad de fallos casuales peligrosos del hardware" de cada subsistema. Partiendo de un modelo matemático, se dispone de una fórmula para determinar el valor PFHd específico de cada tipo de subsistema. Los parámetros que forman parte del cálculo son los siguientes:

- Cobertura del diagnóstico
- Duración de uso
- Intervalo de la prueba de diagnóstico
- Tasa de fallos de los componentes (λ_D)
- Fallo por causa común (Common Cause Factor β)

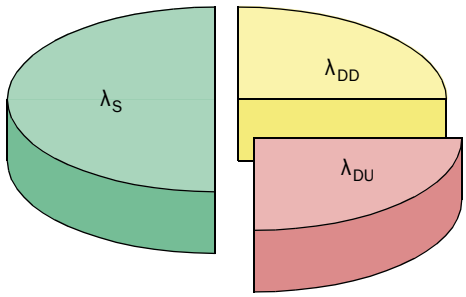
HFT = 1
Diagnóstico con DC_1 y DC_2

$$PFHd = (1-\beta)^2 \times \left\{ \frac{\lambda_{D1} \times \lambda_{D2} \times (DC_1 + DC_2) \times T_D}{2} + \frac{\lambda_{D1} \times \lambda_{D2} \times (2 - DC_1 - DC_2) \times T_P}{2} + \beta \times \frac{\lambda_{D1} + \lambda_{D2}}{2} \right\}$$

$$PFHd \approx \beta \times \frac{\lambda_{D1} + \lambda_{D2}}{2}$$

Porcentaje de fallos seguros (DC/SFF)

DC = 50 %
SFF = 75 %



El "porcentaje de fallos seguros", o SFF (safe failure fraction), se obtiene a partir de la cobertura del diagnóstico DC ($\lambda_{DD}/\lambda_{DU}$) y el porcentaje de "fallos seguros" (λ_S).

$$SFF = \frac{\sum \lambda_S + \sum \lambda_{DD}}{\sum \lambda_S + \sum \lambda_D}$$

8008007/2015-07-07
Sujeto a cambio sin previo aviso

Resistencia a un fallo por causa común (CCF)
También la norma EN 62061 exige una serie de consideraciones respecto a la resistencia a fallos por causa común. En función del número de implementaciones positivas, se obtiene un Common Cause Factor (β).

Requisito		Valor máximo
Separación	Separación de los circuitos de señal, tendido separado, aislamiento, espacios de aire, etc.	15
Diversidad	Diferentes tecnologías, componentes, modos de acción, diseños	20
Proyecto, aplicación, experiencia	Protección contra sobrecarga, sobretensión, sobrepresión, etc. (según la tecnología)	15
	Utilización de componentes y procedimientos con eficacia probada a lo largo de los años	5
Análisis, evaluación	Uso de un análisis de fallos para evitar fallos por causa común	5
Competencia, formación	Formación de los diseñadores para comprender y evitar las causas de CCF	5
Influencia del entorno	Comprobación de la CEM del sistema	25
	Comprobación de la influencia de la temperatura, sacudidas, vibraciones, etc. en el sistema.	10

Valor	Factor CCF (β)
≤ 35	10%
36 a 65	5%
66 a 85	2%
86 a 100	1%

Proceso
Debido a la marcada orientación de la norma IEC 62061 a los sistemas eléctricos programables, dicha norma contiene, además de los aspectos descritos anteriormente (modelo en V, gestión de la calidad, etc.), un gran número de indicaciones y requisitos aún más detallados para el desarrollo correcto del software de sistemas de seguridad.

Resultado – Determinar el SIL del subsistema
En primer lugar, se determina el nivel de integridad de seguridad del hardware de cada subsistema por separado:
Si se trata de subsistemas ya acabados, p. ej., unas cortinas fotoeléctricas de seguridad, su fabricante proporciona los datos característicos correspondientes dentro de su especificación técnica. Normalmente, para describir un subsistema de este tipo es suficiente con los valores SILCL y PFHd y la duración de uso.
Por el contrario, en el caso de los subsistemas formados por elementos, p. ej., dispositivos de bloqueo de puertas de protección o contactores, debe hallarse el nivel de integridad de la seguridad.

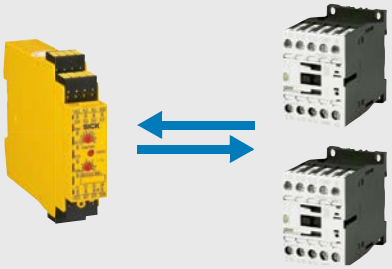
Límite de respuesta SIL (SILCL: SIL claim limit)
Una vez se ha establecido la tolerancia del hardware a los fallos (arquitectura), puede determinarse el SIL máximo alcanzable (límite de respuesta SIL) del subsistema.

Porcentaje de fallos seguros (SFF)	Tolerancia del hardware a los fallos	
	0	1
< 60%	–	SIL1
60 a < 90%	SIL1	SIL2
90 a < 99%	SIL2	SIL3
≥ 99%	SIL3	SIL3

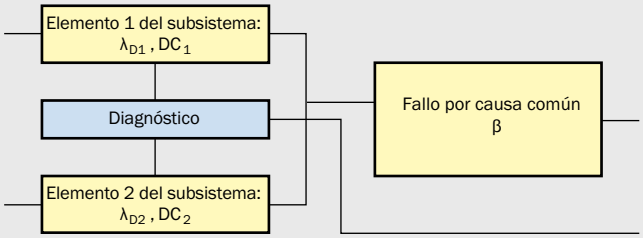
Si presenta un SFF del 90%, un sistema bicanal con HFT 1 se clasifica como SILCL3.

Ejemplo: determinar el SILCL y el PFHd del subsistema “actuador”

1) Definición del subsistema “actuador”
El subsistema “actuador” está formado por dos contactores con “realimentación”. El accionamiento forzado de los contactores permite detectar cualquier fallo de este que afectaría a la seguridad (EDM). En realidad, la unidad lógica UE410 no forma parte del subsistema “actuador”, pero se utiliza para el diagnóstico.



2) Determinar la tolerancia del hardware a los fallos (HFT)
Dada la seguridad intrínseca (con detección de fallos), la tolerancia del hardware a los fallos HFT = 1.



3) Determinar el PFHd

a) Mediante la tasa de fallos λ_D
Puesto que los contactores son componentes sujetos a desgaste, debe determinarse su frecuencia de conmutación por hora [C] a partir del valor B_{10d} y la frecuencia de conmutación estimada.
La norma IEC 62061 no contiene declaraciones sobre el comportamiento de los componentes mecánicos, por lo que la tasa de fallos λ_D se determina basándose en ISO 13849-1. Se da por supuesto que la tasa de fallos permanece constante durante la aplicación.
Condiciones límite según el fabricante:
- B_{10d} = 2.600.000
- C = 1/h (supuesto)

Con estas condiciones límite, se obtiene un valor λ_D de $3{,}8 \times 10^{-8}$ 1/h

b) Mediante el factor (β)
En los sistemas multicanal se necesitan medidas para evitar el efecto producido por la causa común. La influencia se calcula a partir de unas medidas, conforme a las pautas de la norma IEC 62061. En el ejemplo, el factor β es un 5% (véase más abajo “5) Valoración de las medidas para evitar el fallo por causa común)”
PFHd ≈ $1{,}9 \times 10^{-9}$.

$$\lambda_D = \frac{1}{MTTF_d} = \frac{0,1 \times C}{B_{10d}}$$

Valor	Factor CCF (β)
≤ 35	10%
36 a 65	5%
66 a 85	2%
86 a 100	1%

$$PFHd \approx \beta \times (\lambda_{D1} + \lambda_{D2}) \times ½$$

$$\approx \beta \times \lambda_D$$

$$\approx 0{,}05 \times 0{,}1 \times \frac{C}{B_{10d}}$$

$$PFHd \approx 1{,}9 \times 10^{-9}$$

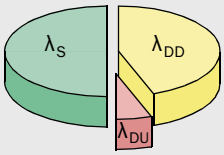
8008007/2015-07-07

Ejemplo: determinar el SILCL y el PFHd del subsistema “actuador”

4) Determinar el SFF mediante DC

De los contactos de accionamiento forzado se deriva una DC “alta” (99%). Es decir, de un 70% de fallos peligrosos λ_D para contactores se detectan un 99%. Por lo tanto, SFF = 30% + 69,3% = 99,3%.

DC = 99 %
SFF = 99.3 %



5) Valoración de las medidas para evitar los fallos por causa común

En los sistemas multicanal se necesitan medidas para evitar el efecto producido por la causa común. La valoración de las medidas conforme a IEC 62061 arroja en este ejemplo un factor CCF (β) del 5%.

Valor	Factor CCF (β)
≤ 35	10%
36 a 65	5%
66 a 85	2%
86 a 100	1%

6) Valoración de las medidas del proceso

También deben tenerse en cuenta aspectos de la prevención y control de fallos. Resultado:

- Organización y competencia
- Reglas de diseño (p. ej. documentos de especificaciones, directrices de codificación)
- Concepto y criterios de comprobación
- Documentación y gestión de configuraciones

✔

Resultado

En el último paso deben tenerse en cuenta las limitaciones estructurales. Dada la redundancia existente (tolerancia del hardware a los fallos 1) y SFF > 99%, se obtiene un límite de respuesta SIL (SIL claim limit) SILCL3 para este subsistema.

Porcentaje de fallos seguros (SFF)	Tolerancia del hardware a los fallos	
	0	1
< 60%	–	SIL1
60 a < 90%	SIL1	SIL2
90 a < 99%	SIL2	SIL3
≥ 99%	SIL3	SIL3

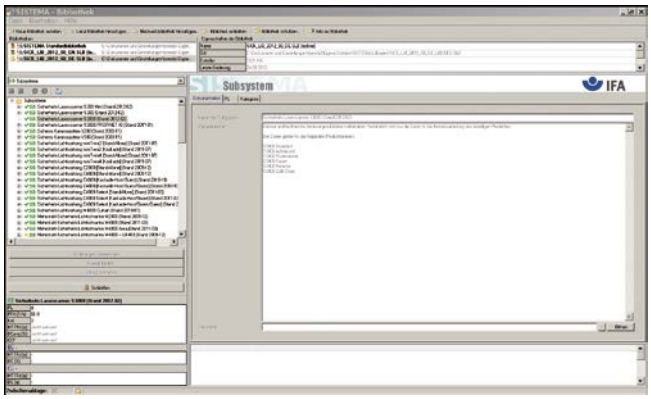
PFHd ≈ $1{,}9 \times 10^{-9}$

→ Con los datos SILCL resultantes y el valor PFHd del subsistema, ahora puede determinarse el SIL alcanzado para la función completa, como se describe más arriba (véase “Integridad de seguridad del hardware” → 3-95).

3 d

Ayuda útil

Los métodos de verificación descritos requieren conocimientos técnicos y experiencia acerca del nivel de rendimiento (PL) y el nivel de integridad de seguridad (SIL). SICK le ofrece los servicios apropiados en (➜ "Cómo le apoya SICK" ➜ i-1). Una herramienta de software adecuada puede serle de ayuda en un procedimiento sistemático.
El asistente SISTEMA, desarrollado por el IFA y disponible sin coste alguno, ofrece un método efectivo para el cálculo del nivel de rendimiento. Para ello, SICK dispone de una biblioteca de componentes de seguridad certificados.
También le ofrecemos nuestros seminarios de "conocimientos técnicos" prácticos para su trabajo cotidiano.



➜ Encontrará más información sobre SISTEMA, la biblioteca de componentes SICK y nuestros cursos en:
www.sick-safetyplus.com

3 d

Resumen: Verificar la función de seguridad

Ideas fundamentales

- Verifique que las funciones de seguridad previstas alcanzan el nivel de seguridad necesario. Verifique también la seguridad mecánica y funcional.

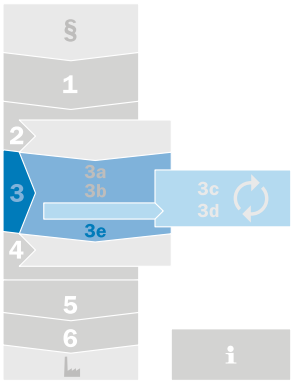
Métodos

- Determine el nivel de seguridad resultante conforme a ISO 13849-1 (PL). Procedimientos disponibles:
  - Procedimiento simplificado (en base al PL)
  - Procedimiento detallado (en base a los valores PFHd)
- Si se desconocen los PL o los valores PFHd de un subsistema (p. ej., del actuador), determine el nivel de seguridad del subsistema partiendo de los factores estructura, fiabilidad, diagnóstico, resistencia y proceso.
- También puede determinar el nivel de seguridad conforme a IEC 62061 (SIL). También en este caso puede determinar usted mismo el nivel de seguridad de un subsistema no certificado.

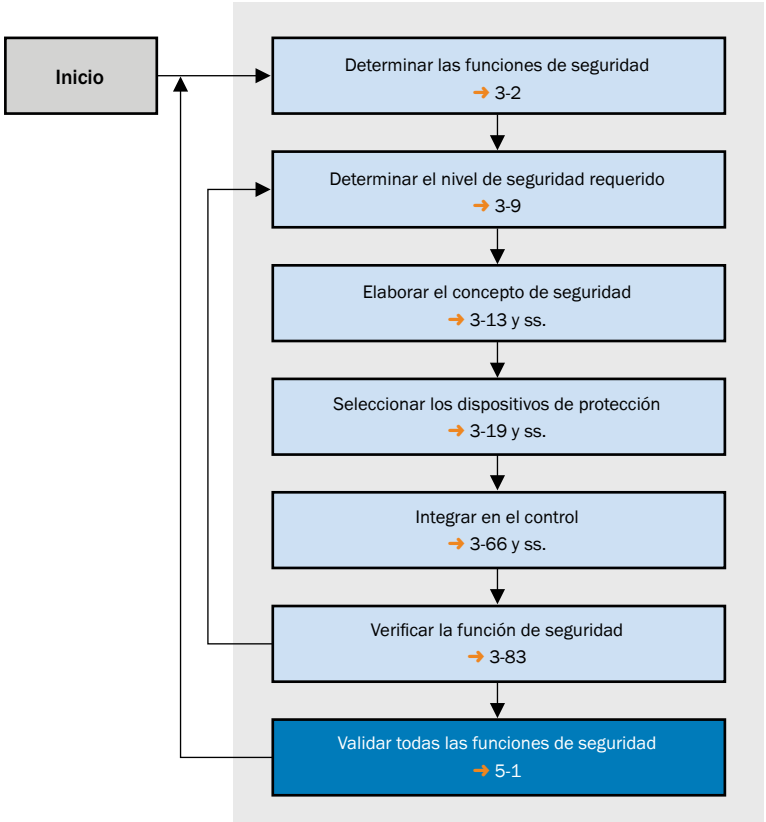
Consejos

- Utilice las herramientas recomendadas y busque asesoramiento.

Paso 3e: Validar todas las funciones de seguridad



La validación es la comprobación de una tesis, un plan o una posible solución a un problema. Por lo tanto, al contrario que la verificación, en la que solo se valora la implementación correcta de una solución conforme a la especificación, la validación es la valoración final de si las soluciones, en términos generales, son adecuadas para reducir los riesgos en la medida necesaria.



La finalidad del procedimiento de validación es comprobar en la máquina la especificación y la conformidad de la construcción de los componentes implicados en la función de seguridad.
La validación debe mostrar que los componentes de seguridad de la función de controlo cumplen los requisitos de la norma ISO 13849-2, y especialmente los requisitos del nivel de seguridad establecido.
Siempre que sea oportuno, la validación debería ser efectuada por personas que no hayan estado implicadas en la construcción de los componentes de seguridad de los sistemas de control.
En el proceso de validación es importante comprobar errores y, sobre todo, omisiones en la especificación formulada.
Normalmente, la parte más importante en la definición de una función de control de seguridad es la especificación.
He aquí un ejemplo: el acceso a una sección de carrocería en bruto debe estar protegido por una cortina fotoeléctrica. Por lo tanto, la especificación de la función de seguridad dice así:
“Si se interrumpe el campo de protección de una cortina fotoeléctrica, deben detenerse todos los movimientos peligrosos lo antes posible”.

Sin embargo, el constructor debería haber tenido en cuenta también el rearranque al despejarse el campo de protección, sobre todo si es posible pasar detrás de este. El proceso de validación debe detectar estos aspectos.

Dentro del proceso de validación se aplican normalmente varios procedimientos que se complementan mutuamente.
He aquí algunos de ellos:

- Verificación técnica de la ubicación y la efectividad de los dispositivos de protección
- Comprobación práctica de la reacción a los fallos en comparación con los resultados teóricos de las simulaciones
- Validación de los requisitos del entorno mediante pruebas de funcionamiento:
  - Protección suficiente contra influencias del entorno, como temperatura, humedad, choques, reacción a las vibraciones, etc.
  - Resistencia suficiente contra perturbaciones electromagnéticas

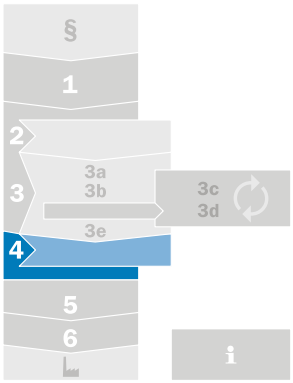
8014605/2015-07-07

Paso 4: Informar de los riesgos residuales a los usuarios

Si el diseño seguro o las medidas de protección técnicas no son plenamente eficaces, debe informarse adicionalmente al usuario de los riesgos residuales existentes y de la necesidad de aplicar medidas de protección adicionales, especialmente en lo que se refiere al equipo de protección personal.

Entre la información que debe proporcionarse sobre los riesgos residuales, está la siguiente:

- Dispositivos de advertencia acústica y óptica
- Disponer Información e indicaciones de advertencia en la máquina
- Advertencias en las instrucciones de uso
- Instrucciones de trabajo, requisitos de formación o prácticas de los usuarios
- Indicaciones del uso de equipos de protección individual



La información a los usuarios no debe sustituirse por otras medidas.

→ Construcción segura, evaluación y reducción de riesgos
Norma A: ISO 12100

Dispositivos de advertencia acústica y óptica

Si no se supervisa el funcionamiento de una máquina, es necesario dotarla de dispositivos de advertencia que avisen de los peligros debidos a problemas de funcionamiento. Los dispositivos de advertencia deben ser inequívocos, poder percibirse con facilidad y los operadores deben poder comprobar su funcionabilidad permanente. Si existieran otros riesgos residuales, el fabricante deberá informar de ello.

Disponer Información e indicaciones de advertencia en la máquina

La información y las indicaciones de advertencia que se han de disponer en la máquina tendrán preferentemente la forma de símbolos o pictogramas. Deberán estar redactadas en el idioma oficial del país en el que se comercializa la máquina. Adicionalmente, se pueden poner advertencias en otros idiomas oficiales. La información relevante para la seguridad deberá ser inequívoca, de fácil comprensión y estar formulada de forma breve y precisa. Los medios de comunicación interactivos deben ser de fácil comprensión y de manejo intuitivo.

Indicaciones de seguridad y de advertencia en las instrucciones de uso

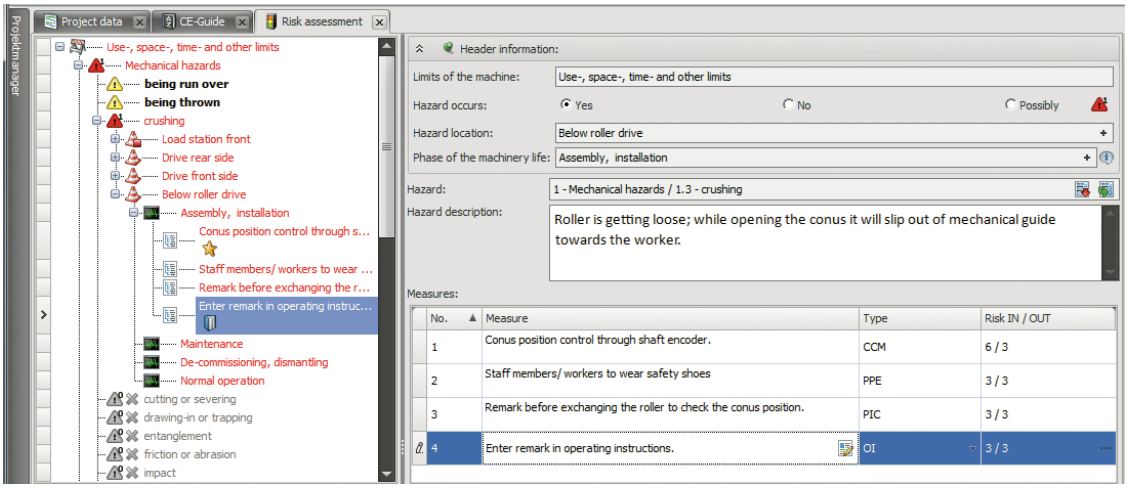
Las instrucciones de uso deben contener toda la información sobre la máquina relevante para la seguridad, especialmente:

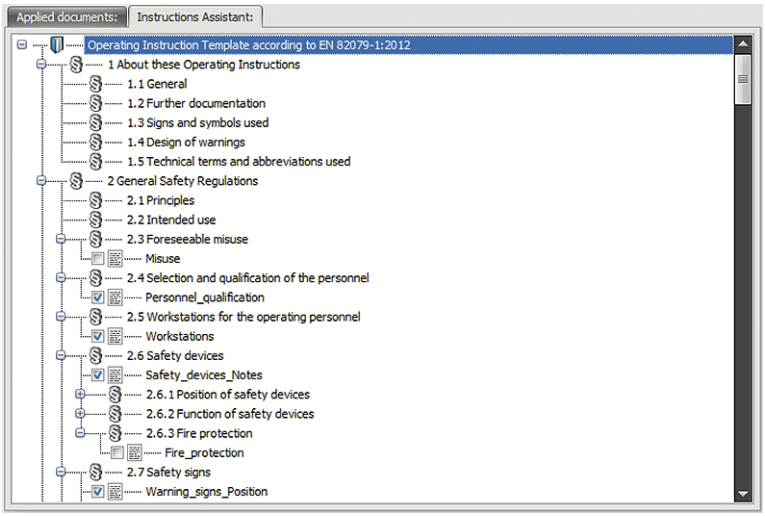
- Indicaciones de advertencia relativas al posible mal uso de la máquina que, según la experiencia, pudiera ocurrir
- Indicaciones sobre la puesta en marcha, el funcionamiento de la máquina y la formación o las prácticas de los operadores
- Información sobre riesgos residuales que, a pesar de las medidas adoptadas para integrar la seguridad en la construcción y de usar dispositivos de protección y medidas adicionales complementarias, aún pudiera existir
- Instrucciones sobre las medidas de protección que debe adoptar el usuario y sobre el equipo de protección personal
- Condiciones en las que se deben cumplir los requisitos de estabilidad en las diversas etapas de la vida de la máquina
- Indicaciones de seguridad sobre el transporte, la manipulación y el almacenamiento
- Indicaciones sobre el modo de proceder en caso de accidente y sobre la reparación de averías con seguridad
- Indicaciones sobre el modo de realizar las operaciones de ajuste y mantenimiento con seguridad y de las medidas necesarias para ello
- Especificación de las piezas de repuesto que deben utilizarse y que pueden afectar a la salud y seguridad de los operadores

8014605/2015-07-07
Sujeto a cambio sin previo aviso

Documentación con Safexpert®

Con el software Safexpert® (➜ página 1-5), se pueden implementar cómodamente los requerimientos del expediente técnico. Así, por ejemplo, el usuario puede incorporar indicaciones para los usuarios directamente desde la evaluación de riesgos a las instrucciones de uso.





Asistente de las instrucciones de servicio de Safexpert®

Resumen de los pasos 2, 3 y 4: Reducción de riesgos

Ideas fundamentales

Para reducir el riesgo que supone el peligro analizado, debe seguirse el método de las 3 etapas:

1. Construya la máquina de manera que excluya el peligro tanto como sea posible.
2. Defina, construya y compruebe las medidas de protección necesarias.
3. Infórmese sobre los riesgos residuales que pudieran existir. Defina cómo pueden reducirse estos riesgos y facilite esta información al usuario.

Medidas de protección técnicas

- En lo relativo a la seguridad funcional, puede basarse en dos normas: ISO 13849-1 (PL) o IEC 62061 (SIL).
- Defina las funciones de seguridad y determine el nivel de seguridad requerido para cada una de ellas.
- Diseñe el concepto de seguridad. Elija los dispositivos de protección más efectivos y decida cómo se montarán e integrarán en el control.
- Asegúrese de que las medidas de protección se implementen de manera efectiva y se alcance el nivel de seguridad.

8014605/2015-07-07

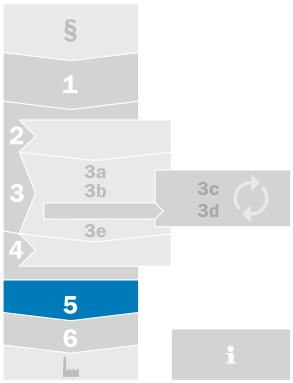
Paso 5: Validación general

Dado que la seguridad funcional solo es una parte de la reducción de riesgos, dentro de una validación general es necesario valorar todas las medidas (constructivas, técnicas y organizativas) y el modo en que se interrelacionan.

Por esta razón, en la práctica puede darse que una medida técnica concreta no baste para reducir los riesgos, pero en la valoración general se alcance un resultado suficiente. Se considera que se han reducido suficientemente los riesgos si la respuesta a cada una de las preguntas siguientes es afirmativa:
¿Se han tenido en cuenta todas las condiciones de servicio en todas fases de la vida útil de la máquina?

- ¿Se ha seguido el método de las 3 etapas?
- ¿Se han eliminado los peligros o se han reducido los riesgos que suponen estos peligros tanto como sea posible en la práctica?
- ¿Se ha garantizado que las medidas aplicadas no comporten nuevos peligros?
- ¿Se ha informado y advertido suficientemente de los riesgos residuales a los usuarios?
- ¿Se ha garantizado que las condiciones de trabajo de los operadores no se vean afectadas por las medidas de protección aplicadas?
- ¿Son compatibles las medidas de protección aplicadas?
- ¿Se han tenido suficientemente en cuenta las consecuencias que pueden derivarse del uso de la máquina en un entorno no comercial o industrial?
- ¿Se ha garantizado que las medidas aplicadas no repercutan más de lo necesario en la función a la que se destina la máquina?
- ¿Se ha reducido adecuadamente el riesgo?

Dentro de una inspección de la técnica de seguridad por parte de especialistas de SICK en este campo, se somete toda la máquina a una inspección de los principales peligros.

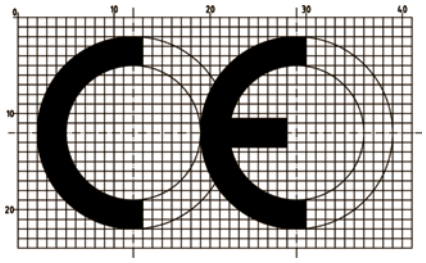


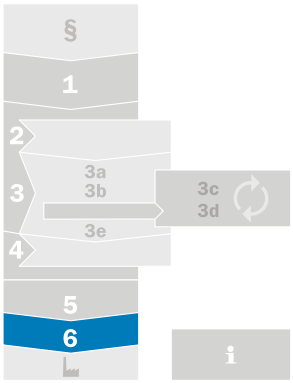
5

8014605/2015-07-07
Sujeto a cambio sin previo aviso

Paso 6: Comercialización

Una vez se ha comprobado la conformidad en el marco de la validación general, recurriendo, de ser necesario, a un organismo de verificación, puede expedirse la declaración de conformidad y aplicarse el marcado CE a la máquina mientras se finaliza el expediente técnico. En la declaración de conformidad deben tenerse en cuenta todas las directivas europeas que correspondan a la máquina.





Expediente técnico
La extensión del expediente técnico se describe en el Anexo VII, apartado A de la Directiva de máquinas. Para máquinas incompletas rigen los requisitos especiales del Anexo VII, apartado B de la Directiva de máquinas.
Basándose en el expediente técnico, también debe ser posible evaluar la concordancia de la máquina con los requisitos de la Directiva de máquinas. Siempre que sea necesario para la evaluación, esta documentación deberá abarcar el diseño, la construcción y el modo de funcionamiento de la máquina.
Esta documentación debe estar redactada en uno o varios idiomas oficiales de la Comunidad Europea; de esto quedan excluidas las instrucciones de uso de la máquina, para las cuales se aplican las disposiciones especiales del Anexo I, punto 1.7.4.1.

Período de conservación y plazos
El expediente técnico debe ponerse a disposición de las autoridades competentes de los estados miembros:

- A partir del día de fabricación de la máquina
- Durante al menos 10 años a partir de la conclusión de la última unidad
- El expediente técnico no tiene por qué estar dentro de la zona de la Comunidad Europea, y tampoco tiene por qué estar siempre materialmente presente (p. ej. conservación digital). No obstante, la persona nombrada en la Declaración de conformidad de la UE debe poder ponerla a disposición dentro de un plazo adecuado.

Atención: En el caso de que el expediente técnico no se presente a las autoridades nacionales competentes cuando estas la hayan requerido fundadamente, ello puede ser motivo suficiente para dudar de que la máquina en cuestión concuerde con los requerimientos fundamentales de salud seguridad.

Alcance del expediente técnico

- Descripción general de la máquina:
  - Dibujo sinóptico de la máquina, esquemas eléctricos de los circuitos de control, así como descripciones y explicaciones que sean precisas para comprender el funcionamiento de la máquina
  - Planos detallados completos, en su caso con cálculos, resultados de ensayos, certificados, etc. que sean precisos para comprobar la concordancia de la máquina con los requerimientos fundamentales de salud y seguridad
- Lista de las normas aplicadas y demás especificaciones técnicas, indicando los requerimientos fundamentales de salud y seguridad incluidos en dichas normas
- Documentación sobre la evaluación de riesgos (➜ 1-1), de la que se desprende qué procedimiento ha sido aplicado:
  - Lista de los requerimientos fundamentales de salud y seguridad que rigen para la máquina
  - Descripción de las medidas de protección tomadas para evitar los peligros determinados o para reducir los riesgos y, dado el caso, indicación de los riesgos residuales que emanan de la máquina
- Todos los informes técnicos con los resultados de las comprobaciones que hayan sido llevadas a cabo por el propio fabricante, por una entidad elegida por el fabricante o por su apoderado
- Instrucciones de uso de la máquina
- Copia de la Declaración de conformidad de la UE
- Dado el caso, copias de las declaraciones de conformidad de la UE de las otras máquinas o productos instalados en la máquina
- Dado el caso, explicación de la instalación e instrucciones para el montaje de máquinas incompletas

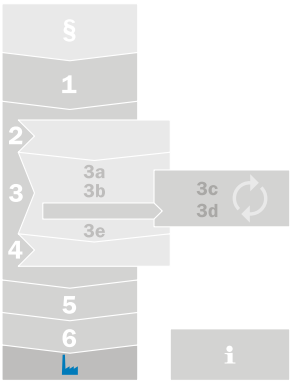
Instrucciones de uso

Con la máquina deben adjuntarse unas instrucciones de uso en la lengua oficial del país en el que se utilizará. Estas instrucciones deben ser o bien las “instrucciones de uso originales” o una traducción de las mismas; en este último caso deben adjuntarse también las instrucciones de uso originales. Podrá encontrar información más detallada en: “Paso 4: Informar de los riesgos residuales a los usuarios” ➜ 4-1.

8014605/2015-07-07
Sujeto a cambio sin previo aviso

Responsabilidad del propietario

El empresario se hace responsable de la seguridad de sus empleados. Las máquinas deben ser ergonómicas, seguras y poder utilizarse con la cualificación del operador.
Además de las comprobaciones iniciales e inspecciones de seguridad que se efectúan en la entrega, debe tenerse en cuenta la correcta especificación de los requisitos de seguridad de la máquina al realizar la compra.



¿Cómo se deberían comprar las máquinas?

El éxito de un proyecto de ampliación o modernización de la producción puede decidirse en el mismo proceso de adquisición. En este se marcan las pautas esenciales.

- Si se trata de instalaciones de maquinaria compleja, elija un “supervisor de obras“ conforme a la Directiva de máquinas.
- Acuerde con anterioridad cómo se procederá con las máquinas o cuasi máquinas entregadas.
- Estipule por contrato la documentación adicional qué deberá entregarse (p. ej., evaluación de riesgos, etc.), para que puedan implantarse con facilidad posteriores modificaciones.
- Siempre que sea razonable, básese en normas EN importantes y armonizadas.
- Pacte la forma de proceder en caso de que existieran divergencias respecto a las normas armonizadas.

Inspecciones de seguridad

La experiencia demuestra que, en la práctica, la seguridad de las máquinas no es absoluta. A menudo se manipulan dispositivos de protección para poder trabajar con mayor libertad. Otras causas de fallos son la ubicación incorrecta de los dispositivos de protección y su integración deficiente en el sistema de control.
El estado de la seguridad de los equipos de trabajo y las instalaciones de la empresa está regulado por la Directiva UE 2009/104/CE (Directiva de utilización de los equipos de trabajo), y debe comprobarse con arreglo a las leyes nacionales vigentes en cada caso. El artículo 4a de la directiva en particular define la verificación de los equipos de trabajo.
Los reglamentos y las normas técnicas, así como determinadas especificaciones, pueden constituir la base para su realización. Por consiguiente, el propietario debe contar con el examen y la constatación formal de la seguridad en el trabajo de la correspondiente instalación.
Debe encargarse de que la verificación de los equipos de trabajo se organice conforme a la implementación nacional que se efectúe de la Directiva de utilización de los equipos de trabajo.

Para ello, se deben cumplir los siguientes requisitos:

1. Tipo de verificación
2. Alcance de la verificación
3. Profundidad de la verificación
4. Plazos de verificación
5. Cualificación del responsable de la comprobación.

Con una inspección de seguridad de SICK, puede formarse rápidamente una idea de la situación de la seguridad de sus máquinas.
La Central de Ventas de SICK de Düsseldorf, así como la filial checa de SICK, ya han recibido la acreditación como organismos de inspección.
Mediante esta acreditación, un organismo independiente certifica que SICK está capacitada para realizar las actividades establecidas en la acreditación, con una alta fiabilidad y la calidad requerida.
Estudiamos posibles mejoras con usted y las ponemos en práctica.

DAkkS Deutsche Akkreditierungsstelle D-IS-12060-01-01

I 4051

Directiva de utilización de los equipos de trabajo, artículo 4a: Comprobación de los equipos de trabajo

1. El empresario se preocupará de que los equipos de trabajo cuya seguridad depende de las condiciones de instalación se sometan a una comprobación inicial (tras su instalación y antes de la puesta en marcha por primera vez) y a una comprobación después de cada montaje en un nuevo lugar o en un nuevo emplazamiento, efectuadas por personal competente con arreglo a las legislaciones o prácticas nacionales, con objeto de garantizar la correcta instalación y el buen funcionamiento de estos equipos de trabajo.
2. El empresario se preocupará de que los equipos de trabajo sometidos a influencias que fueran fuente de daños que puedan provocar situaciones de peligro, estén sujetos a:
   - comprobaciones periódicas y, en su caso, pruebas periódicas efectuadas por personal competente con arreglo a las legislaciones o prácticas nacionales
     y
   - comprobaciones excepcionales, efectuadas por personal competente con arreglo a las legislaciones o prácticas nacionales, cada vez que se produzcan acontecimientos excepcionales que puedan tener consecuencias perjudiciales para la seguridad del equipo de trabajo, como transformaciones, accidentes, fenómenos naturales o falta de uso prolongada, con objeto de garantizar el cumplimiento de las disposiciones de seguridad y de salud, así como de detectar y remediar a tiempo los mencionados deterioros.
3. Los resultados de las comprobaciones se anotarán y estarán a disposición de la autoridad competente. Se conservarán durante un tiempo apropiado. Cuando los equipos de trabajo en cuestión se empleen fuera de la empresa, deberán ir acompañados de un certificado en el que se especifique la realización de la última comprobación.
4. Los Estados miembros determinarán las modalidades en que se procederá a dichas comprobaciones.

Cómo le apoya SICK

La integración eficiente de la función de seguridad en una máquina o en un concepto de máquina requiere un alto grado de competencia en tecnología de seguridad. Esta competencia no solo se refiere a las habilidades, la actualización y el alcance de conocimientos técnicos en tecnología de seguridad, sino que también incluye la experiencia en la aplicación de procesos apropiados. Únicamente la conjunción de todos estos factores caracteriza la competencia en tecnología de seguridad de un colaborador en cuestiones de seguridad.

SICK, con sus más de 60 años de experiencia en la seguridad de las máquinas, le ofrece, mediante servicios acordes a sus necesidades, la pericia necesaria para implantar la seguridad en sus máquinas conforme a las directivas.

Con ello, SICK contribuye al desarrollo de una cultura de la seguridad en su empresa que tiene por objetivo:

- Mejorar la seguridad de las máquinas e instalaciones existentes
- Alcanzar la seguridad integral en la compra de nuevas máquinas e instalaciones
- El apoyo de los constructores en la aplicación del procedimiento CE y en la aplicación de medidas constructivas para reducir el riesgo

Como es natural, usted establece requisitos muy exigentes a su socio. Este debe:

- Tener una dilatada experiencia
- Aportar ideas innovadoras
- Tener una presencia internacional

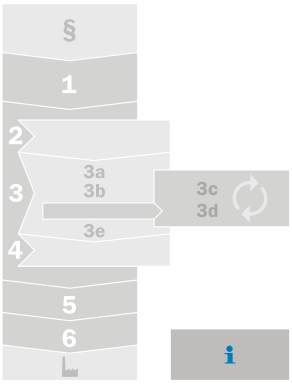
Con la participación de expertos de SICK en la fase inicial:

- Se planifica la seguridad como elemento integrante en el proyecto.
- Se detectan a tiempo posibles puntos débiles.
- Se evita el sobredimensionamiento.
- Se asegura la efectividad y la competitividad.

Los servicios de SICK aumentan la seguridad y generan un valor económico añadido.

Proceso de los servicios de SICK para la conformidad y el diseño de máquinas e instalaciones seguras

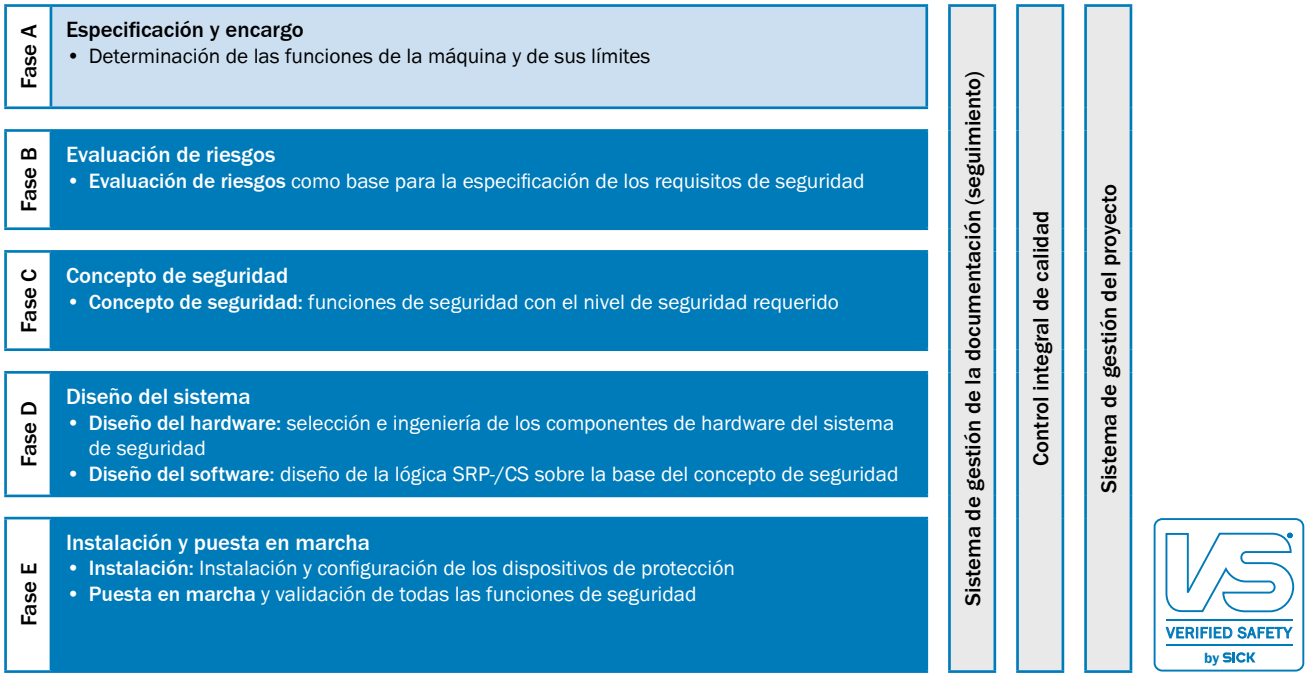
Los servicios de SICK en el área de “Asesoramiento y diseño de seguridad en las máquinas” se implementan siguiendo el proceso abajo reproducido. En este proceso se pueden identificar los productos en forma de servicios de SICK que forman parte de cada fase. Puede encargar estos servicios por separado o como un servicio global en el contexto de un proceso para obtener el marcado CE.



En este capítulo ...

Proceso de los servicios de SICK para la conformidad y el diseño de máquinas e instalaciones seguras

Los servicios de SICK en el área de “Asesoramiento y Diseño de seguridad en las máquinas” se implementan siguiendo el proceso abajo reproducido. En este proceso se pueden identificar los productos en forma de servicios de SICK que forman parte de cada fase. Puede encargar estos servicios por separado o como un servicio global en el contexto de un proceso para obtener el marcado CE.



Cursos y talleres

Conocimientos prácticos para usuarios
Cuanta más experiencia tenga, mejor conocerá las aplicaciones. Transmitir la experiencia y mejorar las aplicaciones es una parte importante de los cursos y talleres de SICK. De ahí que tengan una orientación eminentemente práctica

Cursos a medida
Basándonos en las necesidades de nuestros usuarios y en los contenidos que se pretenden transmitir, seleccionaremos las medidas adecuadas para intercambiar los conocimientos y garantizar la transmisión de los mismos:

- Cursos de formación
- Talleres
- E-Learning
- Conceptos de cursos modulares
- Cursos actualizados

Los conocimientos le dan ventaja
Con el tiempo cambian los aspectos legales y las normas. También el avance de la tecnología requiere una adaptación a estas novedades. En nuestro programa de cursos modulares sobre fundamentos de seguridad, le proporcionamos conocimientos técnicos actualizados sobre los temas principales siguientes:

- Selección del dispositivo de protección apropiado según las normas
- Integración del dispositivo de protección en el control general
- Evaluación correcta de las medidas de protección en base a las directivas, normas y reglamentos vigentes

Aumentar la seguridad de la aplicación
Nuestros cursos se centran en los productos, a fin de integrarlos de manera eficiente y duradera en una aplicación planificada. Adquirirá los conocimientos necesarios para familiarizarse con el aparato de forma efectiva y segura, también en lo referente a las posibilidades de análisis y diagnóstico.
La estructura general de nuestros cursos tiene en cuenta las diferentes fases que se recorren durante la selección e integración de un producto:

- Selección
  - Aspectos de seguridad
  - Características del producto y posibles aplicaciones
- Integración
  - Montaje en la aplicación y cableado
  - Programación
  - Puesta en marcha
- Funcionamiento seguro
  - Diagnóstico de fallos y solución de problemas

Si así lo desea, SICK elaborará un concepto de cualificación específico para su aplicación. Esto contribuiría a optimizar la calidad del trabajo y agilizar la transmisión de conocimientos de seguridad.

Mantenerse al día
Para que siempre esté al día y con los conocimientos actualizados, le ofrecemos opciones de formación continua específica, acorde a sus necesidades.

→ Encontrará información detallada y actualizada en la página de Internet: www.sick.com/training o en nuestro programa de seminarios.
→ Para consultar los seminarios en el extranjero, diríjase a su representación de SICK o visite nuestro sitio web: www.sick.com

También podemos organizar seminarios y cursos para usuarios en sus instalaciones. ¡Póngase en contacto con nosotros!

SICK efectúa un seguimiento de la instalación en todo el ciclo de vida del producto

SICK le apoya en el ciclo de vida completo de su máquina, con productos de seguridad certificados y servicios adaptados a sus necesidades.

Desde la planificación, pasando por la puesta en marcha, hasta el mantenimiento y la modernización.

Servicios de SICK	Máquinas seguras con SICK en tan solo seis pasos				
	§ Leyes, directivas y normas	Paso 1 Evaluación de riesgos	Paso 2 a 4 Reducción de riesgos: el método de las 3 fases	Paso 5 a 6 Validación general y comercialización	Responsabilidad del propietario
Asesoramiento y diseño					
• Evaluación de riesgos		✔			
• Concepto de seguridad			✔		
• Diseño de hardware			✔		
• Diseño de software			✔		
• Instalación			✔		
• Puesta en marcha			✔		
• Evaluación de conformidad CE				✔	
• Inspección de instalaciones					✔
Comprobación y optimización					
• Inspección antes de la primera puesta en marcha				✔	✔
• Inspección regular					✔
• Inspección de seguridad de la maquinaria				✔	✔
• Comprobación del equipamiento eléctrico				✔	✔
• Investigación de accidentes					✔
• Medición de la marcha en inercia				✔	✔
Instrucción y formación					
• Seminarios	✔	✔	✔	✔	✔
• Formación para usuarios					✔
• WebTraining	✔	✔	✔	✔	✔
Modernización y retroadaptación					
• Kits de actualización					✔
Soporte para productos y sistemas					
• Comprobación de puesta en marcha					✔
• Asistencia telefónica					✔
• Solución de problemas in situ					✔
• Equipos de recambio					✔
• Piezas de repuesto					✔
• Reparaciones de taller					✔

Componentes (productos)

Con el uso de productos certificados, el fabricante puede demostrar con mayor facilidad la conformidad con los requisitos de la Directiva de máquinas y de diferentes normas. Como proveedor de soluciones, SICK ofrece a los fabricantes de máquinas una amplia gama de productos para la conformidad de las máquinas: desde una sencilla barrera fotoeléctrica de seguridad monohaz, pasando por las cortinas fotoeléctricas de seguridad, los escáneres láser de seguridad, los sistemas de cámaras de seguridad y los interruptores de seguridad, hasta los controladores de seguridad modulares aptos para conexión en red y las soluciones de software.

Asesoramiento: nuestros conocimientos le resultarán provechosos

SICK está representada por filiales o delegaciones en 87 países industrializados. En ellas recibirá el asesoramiento técnico que precisa por parte de nuestros competentes empleados. No solo le apoyarán con conocimientos especializados de los productos, sino con su conocimiento del mercado, de la legislación y de las normas nacionales.

→ Sinopsis de productos de tecnología de seguridad → 3-81
→ Encontrará todos los productos online en el buscador de productos de www.sick.com
→ Para conocer mejor la gama de servicios disponible en su país, diríjase a la representación correspondiente de SICK o visite nuestro sitio web: www.sick-safetyplus.com

Lista de normas importantes

Tipo	Norma europea EN	Armonizadas	Número internacional ISO/IEC	Título o indicación
A	EN ISO 12100 anula a las siguientes normas	✔	ISO 12100	Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo
	EN ISO 12100-1		ISO 12100-1	Seguridad de las máquinas. Conceptos básicos, principios generales para el diseño • Parte 1: Terminología básica, metodología
	EN ISO 12100-2		ISO 12100-2	Seguridad de las máquinas. Conceptos básicos, principios generales para el diseño • Parte 2: Principios técnicos
	EN ISO 14121-1		ISO 14121-1	Seguridad de las máquinas. Evaluación del riesgo • Parte 1: Principios
B	EN 349	✔	ISO 13854	Distancias mínimas para evitar el aplastamiento de partes del cuerpo humano
	EN 574	✔	ISO 13851	Dispositivos de mando a dos manos. Aspectos funcionales. Principios para el diseño
	EN 953	✔	ISO 14120	Resguardos. Requisitos generales para el diseño y construcción (*actualmente en revisión y en el futuro se editará como EN ISO 14120)*
	EN 1037	✔	ISO 14118	Prevención de una puesta en marcha intempestiva
	EN 1088	✔		Dispositivos de enclavamiento asociados a resguardos. Principios para el diseño y la selección *(ha sido revisada y en breve se editará como EN ISO 14119)*
	EN ISO 13849-1	✔	ISO 13849-1	Partes de los sistemas de mando relativas a la seguridad • Parte 1: Principios generales para el diseño
	EN ISO 13849-2	✔	ISO 13849-2	• Parte 2: Validación
	EN ISO 13850 (anula a EN 418)	✔	ISO 13850	Parada de emergencia. Principios para el diseño
	EN ISO 13855 (anula a EN 999)	✔	ISO 13855	Posicionamiento de los protectores respecto a las velocidad de aproximación de partes del cuerpo humano
	EN ISO 13857 (anula a EN 294 y EN 811)	✔	ISO 13857	Distancias de seguridad para impedir que se alcancen zonas peligrosas con los miembros superiores e inferiores
	EN 60204-1	✔	IEC 60204	Equipo eléctrico de las máquinas • Parte 1: Requisitos generales
	EN 61496-1	✔	IEC 61496-1	Dispositivos de protección sin contacto • Parte 1: Requisitos generales y ensayos
	CLC/TS 61496-2	–	IEC 61496-2	• Parte 2: Requisitos particulares para equipos que utilizan dispositivos de protección optoelectrónicos activos
	CLC/TS 61496-3	–	IEC 61496-3	• Parte 3: Requisitos particulares para equipos que utilizan dispositivos optoelectrónicos activos sensibles a las reflexiones difusas (AOPDDR)
	CLC/TS 62046	–	IEC/TS 62046	Aplicación de equipos de protección para detectar la presencia de personas
	EN 62061	✔	IEC 62061	Seguridad funcional de sistemas de mando eléctricos, electrónicos y electrónicos programables relativos a la seguridad

Tipo	Norma europea EN	Armonizadas	Número internacional ISO/IEC	Título o indicación
C	EN 1114-1	✔	–	Máquinas para plásticos y caucho. Extrusoras y líneas de extrusión • Parte 1: Requisitos de seguridad para extrusoras
	EN 12622	✔	–	Prensas plegadoras hidráulicas
	EN 13736	✔	–	Prensas neumáticas
	EN 1459	✔	–	Seguridad de las carretillas de manutención. Carretillas autopropulsadas de alcance variable
	EN 1525	–	–	Seguridad de las carretillas de manutención. Carretillas sin operador y sus sistemas
	EN 1526	✔	–	Seguridad de las carretillas industriales. Requisitos adicionales para funciones automáticas en las carretillas
	EN 1612-1	✔	–	Máquinas para plásticos y caucho. Máquinas de moldeo por reacción • Parte 1: Requisitos de seguridad para las unidades de dosificación y mezclado
	EN 1672-1	–	–	Maquinaria para procesado de alimentos. Requisitos de seguridad e higiene. Conceptos básicos
	EN 201	✔	–	Maquinaria de plásticos y caucho; Máquinas de moldeo por inyección. Requisitos de seguridad
	EN 289	✔	–	Maquinaria de plásticos y caucho; Prensas de moldeo por compresión y por transferencia. Prescripciones de seguridad para el diseño
	EN 415-X	✔*	–	Máquinas de embalaje (*: Solo las Partes -1, -3 y -5 a -9 de esta norma están armonizadas)
	EN 422	✔	–	Máquinas para caucho y plásticos. Seguridad. Máquinas de moldeo por soplado para la producción de cuerpos huecos. Requisitos para el diseño y la construcción
	EN 528	✔	–	Transelevadores. Seguridad
	EN 692	✔	–	Prensas mecánicas
	EN 693	✔	–	Prensas hidráulicas
	EN 710	✔	–	Requisitos de seguridad aplicables a máquinas e instalaciones de moldeo y de fabricación de machos de fundición y sus equipos asociados
	EN 869	✔	–	Requisitos de seguridad para máquinas de moldeo a presión de metales
	EN ISO 1010-X	✔*	ISO 1010-X	Máquinas de impresión y transformadoras de papel (*: Las partes -1 a -4 de esta norma están armonizadas)
	EN ISO 10218-1 (anula a EN 775)	✔	ISO 10218-1	Robots y dispositivos robóticos. Requisitos de seguridad para robots industriales • Parte 1: Robots
	EN ISO 10218-2	✔	ISO 10218-2	• Parte 2: Sistemas robot e integración
	EN ISO 11111-X	✔*	ISO 11111-X	Maquinaria textil (*: Las partes -1 a -7 de esta norma están armonizadas)

Enlaces útiles

¿Dónde puedo encontrar...?	
Directivas (UE)	Puede encontrar el texto completo de las directivas en Internet, entre otros, en el portal de Derecho de la Unión Europea: ➜ eur-lex.europa.eu
Listas de normas	Diario oficial de la UE Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA): ➜ www.baua.de Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA): ➜ www.vdma.org Comisión Europea ➜ www.ec.europa.eu/growth/index_en.htm Beuth Verlag GmbH: ➜ www.beuth.de
Organismos de normalización internacionales	CEN: ➜ www.cen.eu/cenorm/homepage.htm CENELEC: ➜ www.cenelec.eu ISO: ➜ www.iso.org/iso/home.htm IEC: ➜ www.iec.ch
Organismos de normalización de países de habla alemana	Alemania (DIN): ➜ www.din.de Austria (ON): ➜ www.as-institute.at Suiza (SVN): ➜ www.snv.ch
Organismos de normalización europeos	Bélgica (NBN): ➜ www.nbn.be Bulgaria (BDS): ➜ www.bds-bg.org Dinamarca (DS): ➜ www.ds.dk Estonia (EVS): ➜ www.evs.ee Finlandia (SFS): ➜ www.sfs.fi Francia (AFNOR): ➜ www.afnor.org Grecia (ELOT): ➜ www.elot.gr Gran Bretaña (BSI): ➜ www.bsigroup.com Irlanda (NSAI): ➜ www.nsai.ie Islandia (IST): ➜ www.stadlar.is Italia (UNI): ➜ www.uni.com/it Letonia (LVS): ➜ www.lvs.lv Lituania (LST): ➜ www.lsd.lt Luxemburgo (SEE): ➜ www.see.lu Malta (MSA): ➜ www.msa.org.mt Países Bajos (NEN): ➜ www2.nen.nl Noruega (SN): ➜ www.standard.no Polonia (PKN): ➜ www.pkn.pl Portugal (IPQ): ➜ www.ipq.pt Rumanía (ASRO): ➜ www.asro.ro Suecia (SIS): ➜ www.sis.se Eslovenia (SIST): ➜ www.sist.si Eslovaquia (SUTN): ➜ www.sutn.sk España (AENOR): ➜ www.aenor.es Chequia (CNI): ➜ www.unmz.cz/urad/unmz Hungría (MSZT): ➜ www.mszt.hu Chipre (CYS): ➜ www.cys.org.cy
A través del sistema de información NANDO de la Unión Europea, podrá consultar información actualizada sobre los Organismos Notificados alemanes, de otros países miembros de la Unión Europea o de los países miembros de la EFTA y de otros países con los que la UE haya firmado un acuerdo de terceros países.	El Instituto Federal alemán para la protección y la medicina en el trabajo (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin) ofrece una lista de organismos de certificación notificados hasta la fecha por los Estados miembros de la UE: ➜ ec.europa.eu/enterprise/newapproach/nando

8014605/2015-07-07
Sujeto a cambio sin previo aviso

¿Dónde puedo encontrar...?	
Órganos de los estados federados alemanes para la protección en el trabajo (diferentes estructuras en función del estado federado)	Baden-Württemberg: ➜ www.gewerbeaufsicht.baden-wuerttemberg.de Baviera: ➜ www.lgl.bayern.de/arbeitsschutz/index.htm Berlín: ➜ www.berlin.de/lagetsi Brandemburgo: ➜ www.arbeitsschutzverwaltung.brandenburg.de Bremen: ➜ www.gewerbeaufsicht.bremen.de Hamburgo: ➜ www.hamburg.de/arbeitsschutz Hessen: ➜ www.sozialnetz.de/ca/b/b Mecklemburgo- Pomerania Occidental ➜ www.lagus.mv-regierung.de Baja Sajonia: ➜ www.gewerbeaufsicht.niedersachsen.de Renania del Norte-Westfalia: ➜ www.arbeitsschutz.nrw.de/bp/index.html Renania-Palatinado: ➜ www.masgff.rlp.de/arbeit/arbeitsschutz Sarre: ➜ www.lua.saarland.de Sajonia: ➜ www.arbeitsschutz.sachsen.de Sajonia-Anhalt: ➜ www.verbraucherschutz.sachsen-anhalt.de/arbeitsschutz Schleswig-Holstein: ➜ www.schleswig-holstein.de/DE/Themen/A/arbeitsschutz Turingia: ➜ www.thueringen.de/th7/tlv/arbeitsschutz
Austria	Inspección de la seguridad en el trabajo de Austria: ➜ www.arbeitsinspektion.gv.at CD-ROM “ArbeitnehmerInnenschutz expert” ➜ www.a-expert.at
Suiza	Inspección de la seguridad en el trabajo de Suiza: ➜ www.seco.admin.ch
Lista de los comités técnicos de las mutuas de accidentes (Alemania)	Reestructuración de los comités técnicos y grupos de especialistas de la DGUV (Asociación Central Alemana del Seguro Legal de Accidentes). Con el principio 401 de la DGUV “Comisiones sectoriales y subsecciones especializadas de la DGUV”, se crearon las bases de una red de competencia global en términos de salud y seguridad capaz de hacer frente a los retos del futuro. Los comités técnicos del antiguo sistema se han sustituido por las comisiones sectoriales. ➜ www.dguv.de/de/Pr%c3%a4vention/Fachbereiche-der-DGUV/index.jsp
Direcciones de las mutuas de accidentes (Alemania)	➜ www.dguv.de/de/Berufsgenossenschaften-Unfallkassen-Landesverbände
Instituciones aseguradoras de accidentes	Alemania: Deutsche gesetzliche Unfallversicherung: ➜ www.dguv.de Austria: Allgemeine Unfallversicherung: ➜ www.auva.at Suiza: Schweizerische Unfallverhütungsanstalt: ➜ www.suva.ch

Glosario/Índice

Abreviatura/concepto	Descripción	Índice

λ Failure rate per hour	λ: Tasa de fallos por hora, suma de λ_S y λ_D
	• λ_S: Tasa de fallos seguros
	• λ_D: Tasa de fallos peligrosos, puede dividirse en:
	  • λ_{DD}: Tasa de fallos peligrosos detectados por las funciones de diagnóstico
	  • λ_{DU}: Tasa de fallos peligrosos no detectados
		→ 3-96
		→ 3-98

A		
Apertura forzada	Una apertura forzada en interruptores significa que entre el accionador y el elemento de conmutación tiene que darse una transmisión de fuerza en unión positiva. El mecanismo de accionamiento tiene que estar configurado de tal forma que, en caso de que se produzca un fallo mecánico (p. ej., si se rompe un muelle o se sueldan dos contactos), el lugar de contacto se abra con fiabilidad y permanezca abierto estando accionado (IEC 60947-5-1/EN 60947-5-1).	→ 3-24
B		
B_{10d}	Número de ciclos tras los cuales se produce un fallo peligroso en el 10% de los componentes (para componentes neumáticos y electromecánicos, por ejemplo)	→ 3-17 → 3-93
Barra de comprobación	Elemento cilíndrico opaco que se utiliza para comprobar la capacidad de detección de un DPOA (IEC/TS 61496-2, CLC/TS 61496-2)	
BGIA	→ IFA	
Bloqueo	Un dispositivo de bloqueo es un dispositivo mecánico, eléctrico o de otro tipo cuya función es la de impedir el funcionamiento de un elemento de una máquina en determinadas condiciones.	→ 3-21 y ss.
Bloqueo de rearranque	Un dispositivo para impedir que una máquina pueda rearrancar automáticamente tras activar una función de seguridad durante una parte de un ciclo peligroso de la máquina, después de cambiar el modo de operación o el tipo de accionamiento de la máquina, o después de un cambio en el equipamiento del control de arranque de la máquina (IEC 61496-1/EN 61496-1). • Los modos de operación incluyen: marcha a impulsos, carrera simple, automático • Los dispositivos de control del arranque incluyen: interrupción por pedal, control bimanual, activación a uno o a dos impulsos con la función de sensor del DPSC • Bloqueo de rearranque (RES): Cuando se interrumpe al menos un haz de luz, se detiene la máquina y se activa el bloqueo de rearranque (RES). Este se encarga de que la máquina no pueda volver a arrancar hasta que el trayecto de la luz esté libre y se haya presionado y liberado de nuevo el pulsador de restablecimiento.	
C		
Campo de protección	Zona en la que el objeto de prueba definido por el fabricante es detectado por el dispositivo de protección sin contacto (DPSC). • Cortina fotoeléctrica de seguridad: El campo de protección se encuentra entre la unidad de transmisión-recepción. Se define por la altura y la anchura del campo de protección. • Escáner láser de seguridad: el campo de protección protege la zona de peligro de una máquina o de un vehículo. Se determina por el alcance, el ángulo de exploración, el tiempo de respuesta y la resolución del dispositivo utilizado (véanse los datos técnicos).	→ 3-47
Capacidad de detección/resolución	El límite del parámetro de detección que provoca una respuesta del dispositivo de protección sin contacto (→ DPSC). La determina el fabricante.	→ 3-32
Categoría	Clasificación de los componentes de seguridad de un control en función de su resistencia a fallos y su comportamiento subsiguiente	→ 3-18 → 3-89
CC Diagnostic coverage	Cobertura del diagnóstico: Medida de la efectividad del diagnóstico, que se determina calculando la relación existente entre la tasa de fallos peligrosos detectados y la tasa total de fallos peligrosos	→ 3-95 → 3-96 → 3-98
CCF Common cause failure	Fallo por una causa común: fallos de unidades diferentes debidos a un solo suceso si estos fallos no se deben a una causa del componente recíproco	→ 3-16 → 3-95 → 3-97 → 3-98

Abreviatura/concepto		Descripción	Índice
CEM	**Compatibilidad electromagnética**	Aptitud de un dispositivo, de un aparato o de un sistema para funcionar en su entorno electromagnético, de forma satisfactoria y sin producir él mismo perturbaciones electromagnéticas intolerables para todo objeto, persona o animal que se encuentre en dicho entorno	→ 2-9 → 3-95 → 3-97
CENELEC	**Comité Européen de Normalisation Électrotechnique**	Comité europeo de normalización electrotécnica. Le compete la armonización de las normas electrotécnicas en el marco de la Unión Europea y de todo el espacio económico europeo. → www.cenelec.eu	→ §-7
CLC		Prefijo de las normas aceptadas por el CENELEC	→ §-7
Comercialización		Según la Ley de seguridad de los productos: primera puesta a disposición en el mercado	→ 6-1
Cortina fotoeléctrica		Un DPOA con una resolución ≤ 116 mm	→ 3-29 y s. → 3-47
D			
Detección de presencia		Dispositivo de protección secundario para máquinas e instalaciones a las que se puede acceder desde el suelo y en las que se debe impedir que la instalación se ponga en marcha mientras que un operador esté en el interior (función de seguridad: impedir la puesta en marcha)	→ 3-50 y ss.
Distancia mínima		Distancia calculada entre el dispositivo de protección y la zona de peligro, para impedir que las personas o partes de su cuerpo lleguen a la zona de peligro antes de que termine la función peligrosa de la máquina	→ 3-47 y ss.
d_{op}		Tiempo medio de servicio en días por año	→ 3-96
DPOA	**Dispositivo de protección optoelectrónico activo**	Un dispositivo cuya función de detección se realiza mediante elementos optoelectrónicos transmisores y receptores, que detectan la interrupción de la luz provocada por un objeto opaco dentro del campo de protección (o, en el caso de una barrera de fotoeléctrica, en el eje del haz de luz) (CLC/TS 61496-2) En DIN EN 692 Prensas mecánicas, EN 693 Prensas hidráulicas y EN 12622 Prensas hidráulicas plegadoras, se utiliza la abreviatura **AOS** como sinónimo de **DPOA**.	→ 3-30
DPOARD	**Dispositivo de protección optoelectrónico activo de reflexión difusa**	Unidad cuya función de detección se genera mediante las unidades optoelectrónicas transmisoras y receptoras, que detecta la reflexión difusa de los haces ópticos producidos dentro de la unidad, causada por un objeto situado en el campo de protección, definida en dos dimensiones. (IEC/TS 61496-3, CLC/TS 61496-3)	→ 3-31
DPSC	**Dispositivo de protección sin contacto**	Un conjunto de dispositivos y/o componentes que interaccionan para controlar el acceso o presencia y que incluyen, como mínimo (IEC 61496-1/EN 61496-1): • un elemento sensor • un dispositivo de control/supervisión • salidas conmutadas seguras (OSSD) Sirve para proteger a las personas en las máquinas e instalaciones que entrañan un riesgo de lesiones corporales. Hace que la máquina o instalación adopte u estado seguro antes de que una persona pueda verse en una situación peligrosa.	→ 3-29 y s.
E			
E/E/PES	**Electrical, electronic & programmable electronic safety-related systems**	Sistemas eléctricos, electrónicos y programables de seguridad (IEC 62061/EN 62061)	
EDM	**External device monitoring**	Control de contactores: elemento mediante el cual el dispositivo de protección sin contacto (DPSC) controla el estado de los dispositivos asociados al control que sean externos al DPSC (IEC 61496-1/EN 61496-1). EDM no está solamente limitado a la aplicación con DPSC.	→ 3-73 → 3-93 → 3-98
EFTA	**European free trade association**	Asociación Europea de Libre Comercio, una organización internacional fundada por estados europeos	→ §-7
EMC	**Electromagnetic compatibility**	→ CEM	
ESPE	**Electro-sensitive protective equipment**	→ DPSC	→ 3-29 y s.
F			
Factor β		Vulnerabilidad a los fallos por causa común (IEC 62061) → CCF	→ 3-97 → 3-98

Abreviatura/concepto		Descripción	Índice
FIT	**Failure in time**	Tasa de fallos en 10^{-9} horas → $\lambda = 1 \times 10^{-9}$ 1/h	→ 3-16
FMEA	**Failure mode effects analysis**	Análisis modal de fallos y efectos. Procedimiento para analizar los efectos de los fallos (IEC 812/EN 60812).	→ 3-17
Función de seguridad		Función de una máquina que, en caso de fallar esa función, puede originar un aumento inmediato del riesgo o de los riesgos (ISO 12100). Una función de seguridad la ejecutan componentes de seguridad de los controles (SRP/CS).	→ 3-2
Funcionamiento a 1 pulso y funcionamiento a 2 pulsos		Este modo de funcionamiento aporta ventajas si hay que introducir o extraer piezas manualmente de manera cíclica. En este modo se inicia de nuevo automáticamente el ciclo de la máquina al quedar libre el campo de protección tras una o dos interrupciones. En las siguientes condiciones hay que accionar un equipo de restablecimiento: • Al arrancar la máquina • Al rearrancar, cuando el → DPOA se interrumpa durante • un movimiento peligroso • Para que se active un rearranque tras un período de más de 30 s (comp. IEC 61496-1/EN 61496-1) → Información más detallada: EN 692 No obstante, es necesario comprobar que durante el proceso de trabajo no pueda originarse ningún peligro para el operador. Esto restringe el uso a las máquinas pequeñas, cuya zona de peligro no es transitable y que cuentan con detección de presencia. Los lados restantes de la máquina deben estar también protegidos con medidas apropiadas. Cuando se funcione con este modo de operación, la resolución del DPOA tiene que ser menor o igual que 30 mm (comp. ISO 13855, también EN 692, EN 693). En el montaje de dispositivos de protección en general, deben evitarse los errores siguientes: Acceso por encima, por debajo, por alrededor y por detrás.	→ 3-41
H			
HFT[n]	**Hardware fault tolerance**	Capacidad de una función solicitada de seguir desarrollándose en presencia de fallos (IEC 62061/EN 62061)	→ 3-96
h_{op}	**Operating hours**	Tiempo medio de servicio en horas al día	→ 3-93
I			
IFA	**Institut für Arbeitsschutz**	Instituto para la Seguridad en el Trabajo del Seguro Social Alemán de Accidentes de Trabajo). Hasta 2009: BGIA.	→ §-12
L			
Lambda λ		→ λ	→ 3-96 → 3-98
M			
MTTFd	**Mean time to failure**	Estimación del tiempo medio hasta que se produce un fallo peligroso (ISO 13849-1/EN ISO 13849-1)	→ 3-90
Muting		Función de inhibición. Una suspensión temporal automática de una o varias funciones de seguridad a través de elementos del sistema de control relacionados con la seguridad (IEC 61496-1/EN 61496-1)	→ 3-38
N			
N/C	**Normally closed**	Contacto de apertura	→ 3-21 → 3-45 → 3-73
N/O	**Normally open**	Contacto de cierre	
n_{op}	**Numbers of operation per year**	Texto de EN ISO 13849-1: Número medio de accionamientos al año (ISO 13849-1/EN ISO 13849-1) $n_{op} = \frac{d_{op} \times h_{op} \times 3600\frac{s}{h}}{t_{cycle}}$ d_{op} Tiempo medio de servicio en días por año h_{op} Tiempo medio de servicio en horas al día t_{cycle} Tiempo medio entre el inicio de dos ciclos seguidos del componente en segundos por ciclo	→ 3-93
O			
OSSD	**Output signal switching device**	El componente del dispositivo de protección sin contacto (DPSC) conectado con el sistema de control de la máquina y que pasa al estado de desactivación cuando el componente de detección se acciona durante el funcionamiento normal	→ 3-18 → 3-66 y s.

Abreviatura/concepto		Descripción	Índice
P			
PDF	**Proximity device with defined behaviour under fault conditions**	Detector de proximidad con un comportamiento definido bajo condiciones de fallo	
PFHd	**Probability of dangerous failure per hour**	Probabilidad media de un potencial riesgo por fallo a la hora (1/h)	→ 3-85 → 3-94 → 3-95
PL	**Nivel de rendimiento**	Nivel discreto que especifica la capacidad de componentes de seguridad de un control de ejecutar una función de seguridad en condiciones previsibles (ISO 13849-1/EN ISO 13849-1)	→ 3-86
R			
Rearranque		Rearranque de la máquina. Tras activar una función de protección o tras un fallo, puede restablecerse el dispositivo de protección para posibilitar el rearranque subsiguiente de la máquina.	→ 3-4 y s. → 3-55 → 3-75
Resolución/Capacidad de detección de los sensores		El límite del parámetro de detección que provoca una respuesta del dispositivo de protección sin contacto (DPSC). La determina el fabricante.	→ 3-31
Restablecimiento		Restablecimiento de un dispositivo de protección en estado de supervisión. • El restablecimiento manual lo efectúa un equipo independiente que hay que manejar a mano, p. ej. un pulsador de restablecimiento. • El restablecimiento automático mediante el dispositivo de protección solo está permitido en los casos especiales. No debe ser posible que haya personas dentro de la zona de peligro sin que se active el dispositivo de protección o debe estar garantizado que ninguna persona esté dentro de la zona de peligro al efectuar el restablecimiento y después de ello.	→ 3-46 → 3-65
S			
Seguridad funcional		Componente de la seguridad general, referido a la máquina y al sistema de control de la máquina, que depende del correcto funcionamiento del → SRECS, de los sistemas de seguridad de otra tecnología y de dispositivos externos para la reducción de riesgos	→ 3-1 → 3-85
SFF	**Safe failure fraction**	Porcentaje de fallos seguros de la tasa total de fallos de un subsistema que no causa un fallo peligroso (IEC 62 061/EN 62 061)	→ 3-96
SIL	**Nivel de integridad de la seguridad**	Nivel de integridad de seguridad: etapa discreta (una de las tres posibles) para la especificación de la integridad de seguridad de las funciones de seguridad asignadas al sistema de seguridad. El nivel 3 de integridad de seguridad es el más alto; el nivel 1, el más bajo (IEC 62061/EN 62061)	→ 3-96
SILCL	**SIL claim limit**	Límite de respuesta SIL (de un subsistema): SIL máximo que puede concederse a un subsistema → SRECS en lo que respecta a las limitaciones estructurales y la integridad de seguridad sistemática (IEC 62061/EN 62061)	→ 3-85 → 3-97 → 3-99
SRECS	**Safety-related electrical control system**	Sistema de control eléctrico de una máquina cuyo fallo comporta un aumento inmediato del riesgo o los riesgos	
SRP/CS	**Safety-related part(s) of control system**	Componente de seguridad de un elemento de un control que reacciona a las señales de entrada que guarden relación con la seguridad y que genera señales de salida también relacionadas con la seguridad (ISO 13849-1/EN ISO 13849-1)	→ 3-85
Subfunción de seguridad		La parte de una función de seguridad que es ejecutada por un subsistema relativo a la seguridad (p. ej., un actuador) para reducir los riesgos	→ 3-76
T			
T_{10d}		Límite del tiempo de servicio de un componente. Tiempo medio hasta que un 10% de los componentes sufren un fallo peligroso. $T_{10d} = \frac{B_{10d}}{n_{op}}$ El MTTFd calculado de los componentes que sufren desgaste solo es válido durante este tiempo.	
Tiempo de respuesta		Tiempo máximo entre el suceso que provoca la actuación del dispositivo de detección y el momento en que las salidas conmutadas (OSSD) quedan desconectadas	→ 3-47

Abreviatura/concepto		Descripción	Índice
Tiempo de retardo de respuesta		Tiempo durante el que actúa una respuesta retardada de los contactos. Cuando los dispositivos de conmutación tienen retardo de la respuesta, pueden ajustarse tiempos variables.	
V			
VBPD	**Visual based protection device**	Dispositivos de protección basados en evaluación de imágenes, p. ej. cámaras de seguridad	

Coautores y agradecimiento

SICK AG y el equipo de redacción agradecen sinceramente a todos los coautores que han participado en la elaboración de este manual, ya sea con indicaciones sobre correcciones que eran necesarias o con aportaciones de fotos o de textos. También un gran número de lectores de la edición precedente de este manual han contribuido al logro de esta actualización con sus conocimientos específicos y sus respuestas basadas en la experiencia. ¡Gracias por su apoyo!

Agradecemos especialmente a
(mencionados por orden alfabético):

- Dr. Tilmann Bork, Festo AG & Co. KG
- Pablo Ruiz, Festo AG & Co. KG
- SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG

8014605/2015-07-07 · 2M/MK · Pre USmod es44

LO MÁS DESTACADO DE SICK

SICK es un fabricante puntero de sensores inteligentes y soluciones con sensores para aplicaciones industriales. Gracias a una plantilla de casi 7.000 personas y más de 50 filiales y participaciones, así como numerosas representaciones en todo el mundo, siempre estamos allí donde el cliente nos necesita. Nuestro exclusivo catálogo de productos y servicios constituye la base perfecta para el control seguro y eficaz de procesos, para la protección de personas y para la prevención de accidentes y de daños medioambientales.

Nuestra amplia experiencia multidisciplinar nos permite conocer sus necesidades y procesos, para ofrecer a nuestros clientes exactamente la clase de sensores inteligentes que necesitan. Contamos con centros de aplicación en Europa, Asia y Norteamérica, donde probamos y optimizamos las soluciones de sistemas específicas del cliente. Todo ello nos convierte en el proveedor y socio desarrollador de confianza que somos.

SICK LifeTime Services, nuestra completa oferta de servicios, garantiza la asistencia durante toda la vida útil de su maquinaria para que obtenga la máxima seguridad y productividad.

Para nosotros, esto es “Sensor Intelligence.”

Siempre cerca de usted:

Alemania, Australia, Austria, Bélgica, Brasil, Canadá, Chile, China, Corea, Dinamarca, EE.UU., Emirates Árabes, Eslovaquia, Eslovenia, España, Finlandia, Francia, Gran Bretaña, Holanda, Hungría, India, Israel, Italia, Japón, Malasia, Méjico, Noruega, Nueva Zelanda, Polonia, República Checa, Rumania, Rusia, Singapur, Sudáfrica, Suecia, Suiza, Tailandia, Taiwan, Turquía, Vietnam.

Contactos y más representaciones → www.sick.com

SICK
Sensor Intelligence.