

Principios de seguridad

Descripción general	1-3
Directivas y legislación de la Unión Europea	1-4
Estándares Europeos armonizados de la UE	1-9
Selección de medidas de protección	1-13
Estrategia de seguridad	1-16
Sistemas de control con fines de seguridad	1-22
Otras consideraciones y ejemplos	1-25
Funciones de restablecimiento	1-28
Guardas de control	1-28
Cortinas de luz de seguridad	1-39
Reglamentos de seguridad de EE.UU.	1-45
Organizaciones	1-49
Reglamentos de seguridad australianos	1-49



Información importante para el usuario

Debido a la variedad de usos de los productos descritos en esta publicación, las personas responsables de la aplicación y uso de este equipo de control deben asegurarse de que se hayan seguido todos los pasos necesarios para que cada aplicación y uso cumpla con todos los requisitos de rendimiento y seguridad, incluyendo leyes, reglamentos, códigos y normas aplicables.

Los ejemplos de ilustraciones, gráficos, programas y esquemas mostrados en este catálogo tienen la única intención de ilustrar el texto. Debido a las muchas variables y requisitos asociados con cualquier instalación particular, Rockwell Automation no puede asumir responsabilidad u obligación, incluyendo responsabilidad de propiedad intelectual, por el uso real basado en los ejemplos mostrados en esta publicación

Información de seguridad relacionada

Usted es responsable de la seguridad de todo el sistema de control instalado y de que se cumplan todas las leyes, códigos y requisitos de seguridad pertinentes.



ATENCIÓN: Como instalador de este sistema de control, usted debe estar bien informado de otras normas vigentes relacionadas a recomendaciones de seguridad respecto a:

- Construcción de máquinas
- Aspectos eléctricos generales
- Seguridad de máquinas
- Guardas de punto de operación, cortinas de luz de seguridad, guardas mecánicas, controles de dos manos y relés de monitoreo de seguridad

Además de las leyes y códigos locales, usted es responsable del cumplimiento de las recomendaciones de seguridad detalladas en todos los códigos y normas vigentes, entre ellos:

- Código Eléctrico Nacional
- Reglamentos de OSHA
- Normas de ANSI
- NFPA
- CSA

Términos y condiciones

Para obtener información sobre los “Términos y condiciones de venta”, por favor consulte la página 1-4 de este catálogo.

IMPORTANTE

Rockwell Automation se reserva el derecho de hacer revisiones al material contenido en este catálogo y específicamente niega toda responsabilidad por daños incidentales o consecuentes que resulten del suministro, rendimiento o uso de este material.



UNA GUÍA RÁPIDA DEL CONTENIDO CON RESPECTO A LEGISLACIÓN
SOBRE SEGURIDAD DE MAQUINARIA EN LA UNIÓN EUROPEA

LA DIRECTIVA DE MAQUINARIAS
La maquinaria nueva suministrada dentro de la Comunidad Europea debe satisfacer los requisitos esenciales de salud y seguridad.
[Vea: Directivas y legislación y estándares europeos armonizados.](#)

DIRECTIVA DE USO DE EQUIPO DE TRABAJO
Los empleadores deben asegurarse de que todo el equipo de trabajo proporcionado sea idóneo y seguro.
[Vea: Directivas y legislación y estándares europeos armonizados.](#)

EVALUACIÓN DE RIESGOS

- Determine las características de operación y límites de la máquina.
- Identifique los peligros.
- Calcule el riesgo.

[Vea: Estrategia de seguridad.](#)

REDUCCIÓN DEL RIESGO

- Tome las medidas requeridas para eliminar las fuentes de peligro o reducir el riesgo a un nivel aceptable.

[Vea: Selección de medidas de protección.](#) [Sistemas de control con fines de seguridad.](#)
[Otras consideraciones y ejemplos.](#) [Dispositivos de enclavamiento.](#)

ARCHIVO TÉCNICO

- Asegure la disponibilidad de la información requerida para verificar la conformidad de la máquina.

[Vea: Directivas y legislación](#)

- Los empleadores deben asegurarse de que todo el equipo de trabajo sea seguro, que funcione correctamente y que se mantenga en buen estado.

ENTIDADES APROBADAS

- Cuando sea necesario (máquinas Anexo IV) tome las medidas apropiadas con una entidad aprobada.

[Vea: Directivas y legislación](#)

- Los empleadores deben asegurarse de que esté disponible la capacitación e instrucción adecuada además de información de salud y seguridad apropiada.

DECLARACIÓN

- Prepare una declaración de conformidad o una declaración de incorporación.
- Cuando sea apropiado, coloque la marca CE.

[Vea: Directivas y legislación](#)

Los fabricantes y empleadores pueden necesitar satisfacer otras directivas de la Comunidad Europea además de las indicadas en este libro. La aplicación de la marca CE indica cumplimiento con todas las directivas pertinentes de la Comunidad Europea.



Esta sección se proporciona como guía para las personas encargadas de la seguridad de las máquinas, especialmente sistemas protectores de guarda y enclavamiento. Ha sido concebida para diseñadores y usuarios de equipo industrial.

A fin de promover el concepto de un mercado abierto dentro de la CE y EFTA (Área Libre de Comercio Europeo), todos los países miembros están obligados a promulgar legislación que defina los requisitos de seguridad esenciales para las maquinarias y su uso.

Las maquinarias que no cumplan estos requisitos no podrán venderse en los países de la CE y EFTA.

Directivas y legislación de la Unión Europea

Hay dos directivas europeas de relevancia directa para la seguridad de maquinarias y equipos industriales. Éstas son:

1. La Directiva de maquinarias
2. La Directiva de uso de equipo de trabajo por trabajadores en el trabajo

Estas dos directivas están directamente relacionadas con los Requisitos de Salud y Seguridad Esenciales (EHSR) de la directiva de maquinarias y pueden usarse para confirmar la seguridad del equipo indicada en la Directiva de uso de equipo de trabajo.

Esta sección trata aspectos de ambas directivas y se recomienda enfáticamente que las personas relacionadas con el diseño, suministro, compra o uso de equipo industrial en los países de la CE y EFTA se familiaricen con sus requisitos. La mayoría de suministradores y usuarios de maquinaria simplemente no podrán trabajar en la CE a menos que cumplan con estas directivas.

Hay otras directivas europeas, ya sea vigentes o en preparación, pertinentes a la seguridad industrial. La mayoría son especializadas en su aplicación y por lo tanto no se incluyen en esta sección, pero es importante anotar que, cuando sea pertinente, sus requisitos deben cumplirse. Algunos ejemplos son: *La Directiva de bajo voltaje—La Directiva EMC—La Directiva sobre prevención de explosiones debido a atmósferas peligrosas.*

La Directiva de maquinarias (vea la Figura 9)

89/392/EEC, modificada por 91/368/EEC y 93/44/EEC ha sido consolidada en una nueva directiva 98/37/EC. Esta Directiva abarca el suministro de nueva maquinaria y otros equipos, inclusive componentes de seguridad. En la mayoría de casos constituye un delito suministrar



Figura 1
maquinaria, a menos que cumpla con la Directiva. Esto significa que la maquinaria deberá satisfacer una amplia gama de requisitos de

seguridad esenciales contenidos en el Anexo I de la Directiva, deberá realizarse una evaluación de conformidad y deberá otorgarse una “Declaración de conformidad”.

La Directiva entró en vigencia para maquinarias el 1 de enero de 1995 y para componentes de seguridad el 1 de enero de 1997. Se ofreció un periodo de transición de dos años en el cual podían utilizarse los reglamentos nacionales existentes o podía seguirse el régimen de la nueva Directiva. Es responsabilidad del fabricante, importador o suministrador final del equipo asegurarse de que el equipo suministrado cumpla con la Directiva.

Requisitos de salud y seguridad esenciales (denominados también EHSR)

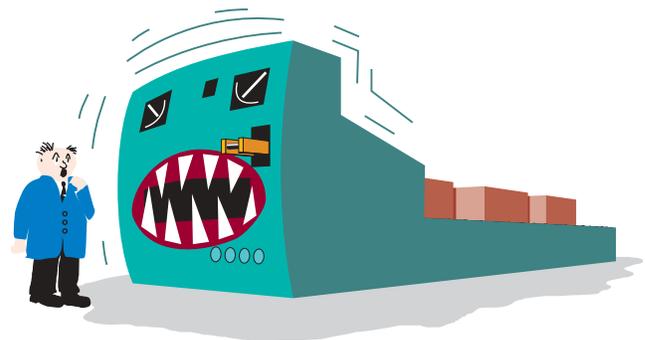


Figura 2

La Directiva proporciona una lista de EHSR que debe cumplir la maquinaria cuando son pertinentes. El propósito de esta lista es asegurar que la maquinaria es segura y que está diseñada y construida de manera que pueda usarse, ajustarse y mantenerse en todas las fases de su vida útil sin poner en riesgo a los operadores.

La directiva también proporciona una jerarquía de medidas para eliminar los riesgos:

(1) Diseño de seguridad inherente—En la medida de lo posible, el diseño mismo evitará cualquier riesgo.

En los casos en que esto no sea posible, deberán usarse **(2) dispositivos de protección adicionales**, por ej., guardas con puntos de acceso enclavados, barreras no materiales tales como cortinas de luz, tapetes de detección, etc.

Cualquier otro riesgo que no pueda eliminarse mediante los métodos anteriores deberá eliminarse mediante **(3) equipo de protección personal** y/o **capacitación**. El suministrador de la máquina deberá especificar lo apropiado.

Deberá usarse materiales idóneos para construcción y operación. Deberá proporcionarse iluminación e instalaciones de manejo adecuadas. Los controles y los sistemas de control deben ser seguros y confiables. Las máquinas no deben arrancar inesperadamente y deben tener uno o más dispositivos de paro de emergencia acoplados. Se deberá dar consideración a instalaciones complejas donde los procesos corriente arriba o corriente abajo puedan afectar la seguridad de una máquina. El fallo de una fuente de alimentación eléctrica o circuito de control no deberá causar una situación peligrosa. Las máquinas deben ser estables y capaces de soportar tensiones previsibles. No deben tener bordes ni superficies expuestas que puedan causar lesiones al personal.



Deberán usarse guardas o dispositivos de protección para evitar riesgos tales como los causados por piezas móviles. Estos deben ser de construcción robusta y difíciles de omitir. Las guardas fijas deben ser sólo del tipo que requiere montaje y desmontaje mediante el uso de herramientas. Las guardas móviles deben estar enclavadas. Las guardas ajustables deben tener la capacidad de ser ajustadas de inmediato, sin el uso de herramientas.

Deberán evitarse los peligros eléctricos y de suministro de energía. Deberá haber riesgo mínimo de lesión causada por temperatura, explosión, ruido, vibración, polvo, gases o radiación. Deberán tomarse las provisiones apropiadas al realizar el mantenimiento y servicio. Deben proporcionarse indicaciones y dispositivos de advertencia suficientes. La maquinaria debe proporcionarse con instrucciones para realizar la instalación, uso, ajuste, etc. con toda seguridad.

Evaluación de conformidad

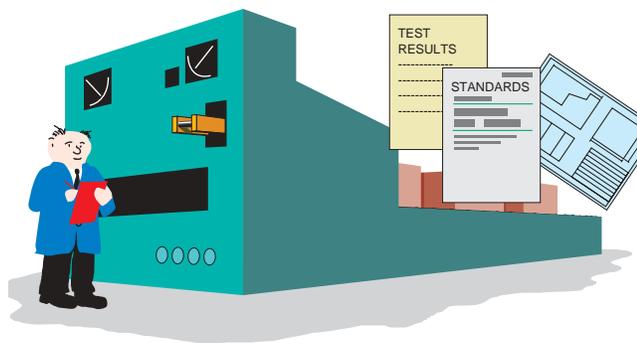


Figura 3

El diseñador u otra persona responsable deberá mostrar pruebas que verifiquen la conformidad con los EHSR. Este archivo debe incluir toda la información pertinente tales como resultados de pruebas, dibujos, especificaciones, etc., tal como se muestra a continuación.

Cuando el equipo está diseñado en concordancia con los estándares europeos armonizados, esto simplifica la tarea de mostrar conformidad. Estos estándares no son un requisito legal, sin embargo, su uso se recomienda enfáticamente ya que probar la conformidad por métodos alternativos puede ser extremadamente complejo. La estructura de estos estándares, los cuales son producidos por CEN (el Comité Europeo de Estandarización) y CENELEC (el Comité Europeo de Estandarización Electrotécnica), complementa la Directiva de maquinarias. Juntos CEN y CENELEC forman el Joint Institute for Standardization In Europe (Instituto Conjunto de Estandarización en Europa).

Deberá realizarse una evaluación de riesgos detallada y documentada para asegurar que se han eliminado todos los posibles riesgos de la máquina.

Archivo técnico

La persona responsable de la declaración de conformidad debe asegurarse de que la siguiente documentación estará disponible en las instalaciones para fines de inspección.

A Un archivo técnico que incluya:

- Esquemas generales del equipo, incluyendo dibujos del circuito de control.
- Esquemas detallados, notas de cálculo, etc., requeridos para verificar la conformidad de la maquinaria con los EHSR.

- Una lista de:
 1. Los EHSR pertinentes al equipo.
 2. Los Estándares Europeos Armonizados aplicables.
 3. Otros estándares aplicables.
 4. Especificaciones técnicas de diseño.
- Una descripción de los métodos adoptados para eliminar los riesgos que presenta la maquinaria.
- Si lo desea, cualquier informe técnico o certificado obtenido de un organismo (entidad de pruebas) o laboratorio aprobado.
- Si se declara la conformidad con un Estándar Europeo Armonizado, cualquier informe técnico que proporcione los resultados de las pruebas correspondientes.
- Una copia de las instrucciones de la maquinaria.

B En el caso de fabricación en serie, detalles de las medidas internas (sistemas de calidad, por ejemplo) para asegurar que toda la maquinaria producida está en conformidad:

- El fabricante debe realizar la investigación o pruebas necesarias de los componentes, conexiones o la maquinaria completa para determinar si por su diseño y construcción puede instalarse y ponerse en servicio con toda seguridad.
- El archivo técnico no necesita existir como archivo único permanente, pero debe ser posible ensamblarlo para que esté disponible en un plazo razonable. Deberá estar disponible durante diez años después de la producción de la última unidad. El hecho de que no esté disponible como respuesta a una petición justificada de una autoridad de aplicación de leyes puede ser motivo para dudar la conformidad.

El archivo técnico no necesita incluir planes detallados ni otra información específica respecto a los subensamblajes usados para la fabricación de la maquinaria, a menos que estos sean esenciales para verificar la conformidad con los EHSR.



Figura 4

Evaluación de conformidad para máquinas listadas en el Anexo IV

Algunos tipos de equipo están sujetos a medidas especiales. Estos equipos aparecen listados en el Anexo IV de la Directiva e incluyen máquinas peligrosas tales como máquinas para trabajo de madera, prensas, máquinas de moldeo por inyección, equipo subterráneo, mecanismos de levante para mantenimiento de vehículos, etc. El Anexo IV también incluye ciertos componentes de seguridad tales como cortinas de luz y unidades de control de dos manos.





Figura 5

Para las máquinas listadas en el Anexo IV que cumplen con los Estándares Europeos Armonizados, se puede seleccionar entre tres procedimientos:

1. Enviar el archivo técnico a una entidad aprobada que confirmará recepción del archivo y se quedará con él.

Nota: NOTA: Con esta opción no hay evaluación del archivo. Puede usarse como referencia posteriormente en el caso de que ocurra un problema o un reclamo de falta de cumplimiento.

2. Enviar el archivo técnico a una entidad aprobada que verificará que se hayan aplicado correctamente los Estándares Armonizados y emitirá un certificado de suficiencia para el archivo.
3. Remitir una maquinaria de muestra a una entidad aprobada (agencia de pruebas) para examen de tipo CE. Si pasa el examen, se otorgará un certificado de examen de tipo CE para la máquina.

En el caso de máquinas listadas en el Anexo IV que no cumplen con un estándar o para las cuales no existe un Estándar Europeo Armonizado, deberá remitirse una muestra de la maquinaria a una entidad aprobada (institución de pruebas) para el examen de tipo CE.

Entidades aprobadas

Se está constituyendo una red de entidades aprobadas que se comunicarán entre sí y trabajarán siguiendo criterios comunes en todos los países de la CE y EFTA. Puede obtenerse detalles acerca de las entidades y laboratorios de prueba con estado de aprobación a través del United Kingdom Accreditation Service, Audley House, 13 Palace Street, Londres SW1E 5HS.

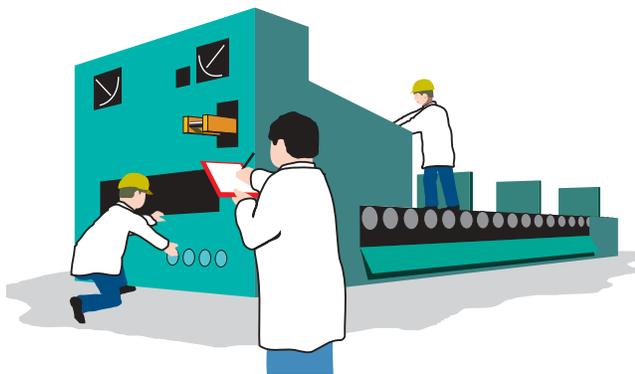


Figura 6

Examen de tipo CE

Para el examen tipo CE, la entidad aprobada requerirá un archivo técnico y acceso a la máquina a ser examinada. Verificarán que la máquina esté fabricada en conformidad con su archivo técnico y que satisface los EHSR aplicables. Si pasa el examen, se emitirá un certificado de examen de tipo CE. Una entidad que se rehuse a emitir un certificado deberá informar los casos a las otras entidades aprobadas.



Figura 7

Procedimiento de la Declaración de Conformidad

La persona responsable emitirá una *Declaración de Conformidad* de la CE y colocará la marca CE (vea la Figura 7) sobre todas las máquinas suministradas. Las máquinas también deberán suministrarse con la *Declaración de Conformidad*.

Nota: NOTA: Los componentes de seguridad deben tener una *Declaración de Conformidad* pero no la marca CE con respecto a la Directiva de maquinarias (aunque pueden tener la marca CE con respecto a las Directivas EMC o de bajo voltaje).

La marca CE representa una autocertificación, pero es un delito colocar la marca CE a menos que la máquina cumpla con los EHSR y tenga todas medidas de seguridad correspondientes. Es también un delito colocar una marca en la maquinaria que pueda confundirse con la marca CE.

Nota: NOTA: El uso de la marca CE también indica cumplimiento con otras directivas europeas requeridas para la maquinaria.

Declaración de conformidad EC

El certificado que constituye la declaración de conformidad debe incluir detalles del fabricante y la persona responsable, detalles de la máquina (marca, número de serie, etc.), detalles de la entidad aprobada, (si corresponde), detalles de los estándares usados y los detalles de la persona autorizada a firmar el certificado de declaración. Deberá indicar conformidad de estado con los EHSR o con el ejemplo de la maquinaria sometida al examen de tipo CE (vea la Figura 8).



Maykit Wright Ltd.

Declaration of Conformity

In respect of the following Directives:

European Machinery Directive (89/392 EEC as amended by 91/368 EEC and 93/44 EEC).

Any other Directives relevant to the machine (e.g., the EMC Directive) should also be included.

Company:

Maykit Wright Ltd.
Main Street
Anytown Industrial Estate
Anytown, England
AB1 2DC
Tel: 00034 000890. Fax: 00034 000567

Machine: Meat Packaging Machine.

Type: Vacustarwrap 7D

Serial Number: 00516

Conforming to standards: All relevant Harmonized European Standards used and, where appropriate, any national standards and specifications.

If the machine is covered by Annex IV (Schedule 4) it would be necessary at this point to include either:

– The name and address of the Approved Body and the number of the Type Examination Certificate.

or

– The name and address of the Approved Body which has drawn up a Certificate of Adequacy for the technical file.

or

– The name and address of the Approved Body to which the technical file has been forwarded.

This is to declare that the above machine conforms with the relevant Essential Health and Safety Requirements of the European Machinery Directive (89/392 EEC as amended by 91/368 EEC and 93/44 EEC).

Signed for Maykit Wright Ltd.

G.V. Wright

G.V. Wright
Managing Director

Issued 18th January 1996

Figura 8

Declaración de incorporación EC

Cuando el equipo se suministra para ensamblaje con otros componentes para formar una máquina completa posteriormente, la persona responsable debe emitir una DECLARACIÓN DE INCORPORACIÓN con éste (en lugar de una declaración de conformidad). La marca CE NO debe usarse. La declaración debe indicar que el equipo no debe ponerse en servicio hasta que se haya declarado la conformidad de la máquina en la cual ha sido incorporado (vea la Figura 9).

Esta opción no está disponible para equipos que pueden funcionar independientemente o que modifican la función de una máquina.

El uso de equipo de trabajo por los trabajadores en el trabajo (Directiva 89/655/EEC)

Mientras que la Directiva de Maquinarias está dirigida a los *suministradores*, esta Directiva está dirigida a los *usuarios* de maquinarias. Abarca todos los sectores industriales e imponen deberes generales a los empleadores junto con requisitos mínimos para la seguridad del equipo de trabajo. Todos los países de Unión Europea están promulgando sus propias formas de legislación para implementar esta Directiva.



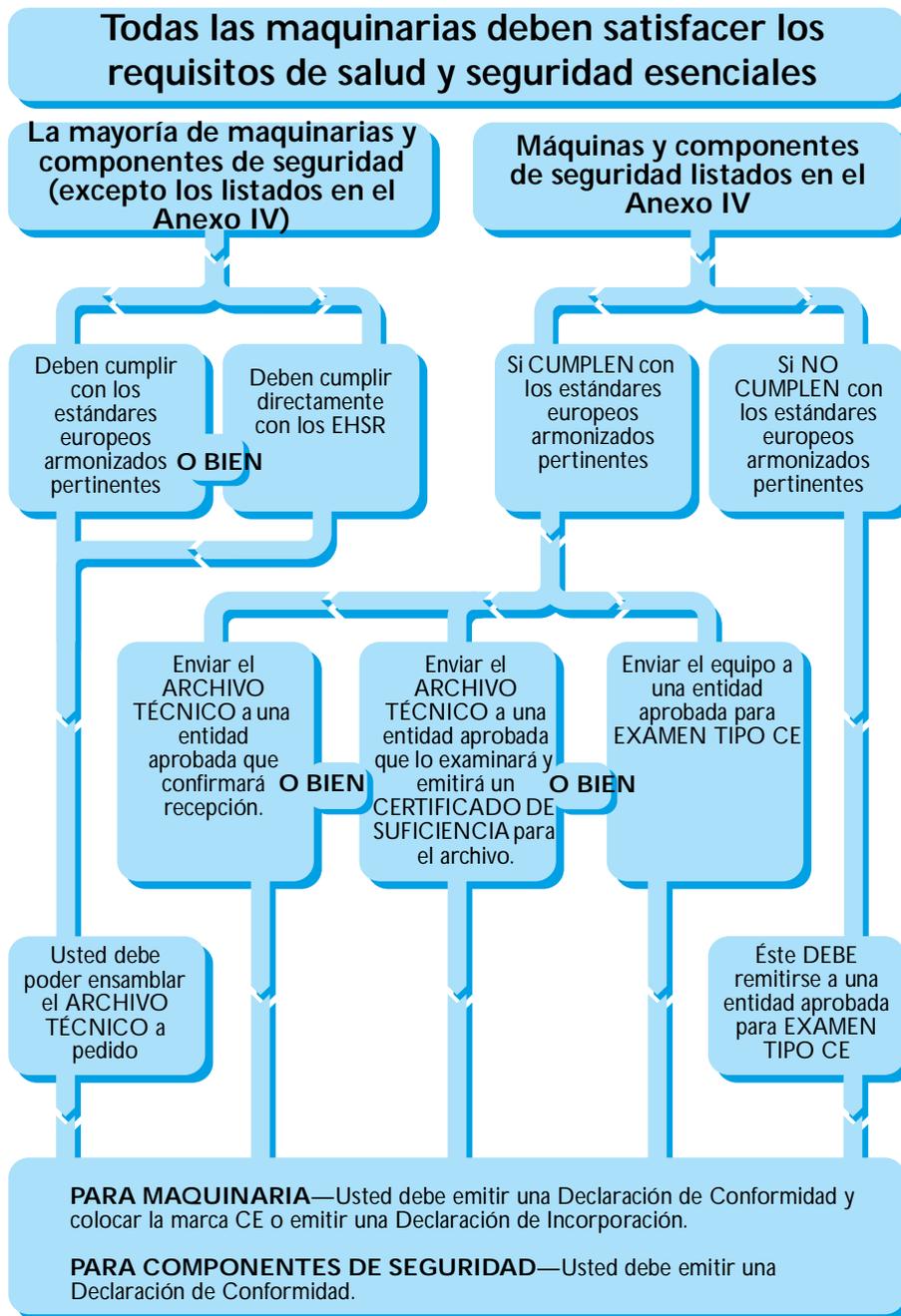


Figura 9: Descripción general de procedimientos para la Directiva de Maquinarias

En el Reino Unido, ésta ha sido implementada en la forma de una recolección de reglamentos enumerados titulada **The Provision and Use of Work Equipment Regulations 1992 (Provisión y uso de reglamentos para equipos de trabajo de 1992)** (generalmente abreviada como **P.U.W.E.R.**). La forma de implementación puede variar de un país a otro, pero el efecto de la Directiva es el mismo (vea la Figura 11).

La Directiva se implementó el 1 de enero de 1993 y todas las nuevas máquinas proporcionadas para uso a partir de esa fecha deben cumplir con todas las regulaciones.

Para máquinas existentes en uso antes de esta fecha, deben cumplirse las regulaciones 1 a 10, pero las regulaciones 11 a 24 no se implementarán totalmente hasta el 1 de enero de 1997.



Regulaciones 1 a 10

Estas regulaciones proporcionan detalles de cuáles tipos de equipo y lugares de trabajo están cubiertos por la Directiva.

También imponen deberes generales a los empleados, tales como instituir sistemas seguros de trabajo y proporcionar equipos idóneos y seguros los cuales deben recibir el mantenimiento adecuado. Los operadores de las máquinas deben recibir información y capacitación adecuadas para que puedan usar la máquina con toda seguridad.

La nueva maquinaria (y la maquinaria de segunda mano proveniente de países fuera de la Comunidad Europea o EFTA) suministradas después del 1 de enero de 1993, deben satisfacer las directivas pertinentes, por ej., la Directiva de Maquinarias (sujeto a arreglos de transición). Los equipos de segunda mano provenientes de países de la Comunidad Europea o EFTA que se suministraron por primera vez en el lugar de trabajo deben satisfacer inmediatamente las regulaciones 11 a 24.



Figura 10

Nota: NOTA: La maquinaria existente o de segunda mano que sea significativamente reacondicionada o modificada se clasificará como equipo nuevo, de manera que el trabajo que se realice en la misma debe asegurar el cumplimiento con la Directiva de Maquinarias (aunque sea para el propio uso de la compañía).

La **Regulación 5** “Idoneidad del equipo de trabajo” es la base de la directiva y resalta la responsabilidad de los empleadores (según las Regulaciones de Administración de Salud y Seguridad en el Trabajo de 1992) de llevar a cabo un proceso adecuado de evaluación de los riesgos.

La **Regulación 6** “Mantenimiento” requiere que la maquinaria reciba el servicio de mantenimiento apropiado. Esto normalmente significa que debe haber un programa rutinario y planificado de mantenimiento preventivo. Se recomienda usar un registro y mantenerlo actualizado. Esto es especialmente importante en casos en los que el mantenimiento e inspección del equipo contribuyen a la seguridad e integridad continua de un dispositivo o sistema protector.

Regulaciones 11 a 24

Estas regulaciones abarcan peligros específicos y configuraciones de protección en las máquinas.

No se implementaron totalmente hasta el 1 de enero de 1997 para máquinas no modificadas existentes, en uso antes del 1 de enero de 1993. Se aplicaron inmediatamente a otros equipos. Sin embargo, si

el equipo cumple con las directivas pertinentes, por ej., la Directiva de maquinarias, cumplirá automáticamente con los requisitos correspondientes de las regulaciones 11 a 24, ya que éstas son de naturaleza similar a los EHSR de dicha directiva.

De particular interés es la Regulación 11, la cual proporciona una jerarquía de las medidas de protección. Éstas son:

- A. Guardas de aislamiento fijas.
- B. Otras guardas o dispositivos de protección.
- C. Aparatos de protección (guías, sujetadores, varillas de empuje, etc.)
- D. La provisión de información, instrucciones, supervisión y capacitación.

Estas medidas deben aplicarse desde la primera (a) hasta donde sea práctico, y generalmente se requerirá una combinación de dos o más medidas (vea la Figura 11).

Estándares Europeos armonizados de la UE

Estos estándares son comunes a todos los países de la Comunidad Europea y EFTA, y son producidos por las agencias de estandarización europea CEN y CENELEC. Su uso es voluntario, pero el diseño y la fabricación de equipos conforme a sus especificaciones es la manera más directa de demostrar cumplimiento con los EHSR.

Al momento de la publicación de esta sección, algunos de los estándares todavía no están completos, pero a medida que estén disponibles, sus títulos serán publicados en el Official Journal (Diario Oficial) de las Comunidades Europeas. También se proporcionarán detalles en publicaciones tales como BSI News. Tendrán el prefijo común EN, y en el Reino Unido tendrán el prefijo BS EN. Una vez que estos hayan sido publicados, se eliminarán los estándares nacionales existentes que tienen el mismo alcance.

Estos están divididos en 3 grupos: Estándares A, B y C.

- A. ESTÁNDARES: Abarcan aspectos aplicables a todos los tipos de máquinas.
- B. ESTÁNDARES: Subdivididos en 2 grupos.
 - B1 ESTÁNDARES: Cubren aspectos específicos de seguridad y ergonomía de la maquinaria.
 - B2 ESTÁNDARES: Cubren componentes y dispositivos de seguridad.
- C. ESTÁNDARES: Cubren tipos o grupos específicos de máquinas.

Es importante notar que cumplir con un Estándar C proporciona la suposición automática de conformidad con los EHSR. En ausencia de un Estándar C adecuado, pueden usarse los Estándares A y B como prueba parcial o total de conformidad con los EHSR, indicando el cumplimiento con las secciones pertinentes.

Puede usarse el sistema solar (vea la Figura 12) como modelo de la relación de la directiva de maquinarias con los estándares europeos. Los planetas representan los estándares, los cuales giran alrededor del sol, el cual representa la directiva de maquinarias. Las órbitas interiores son los estándares “A” y “B”. Las órbitas exteriores representan los estándares “C”.



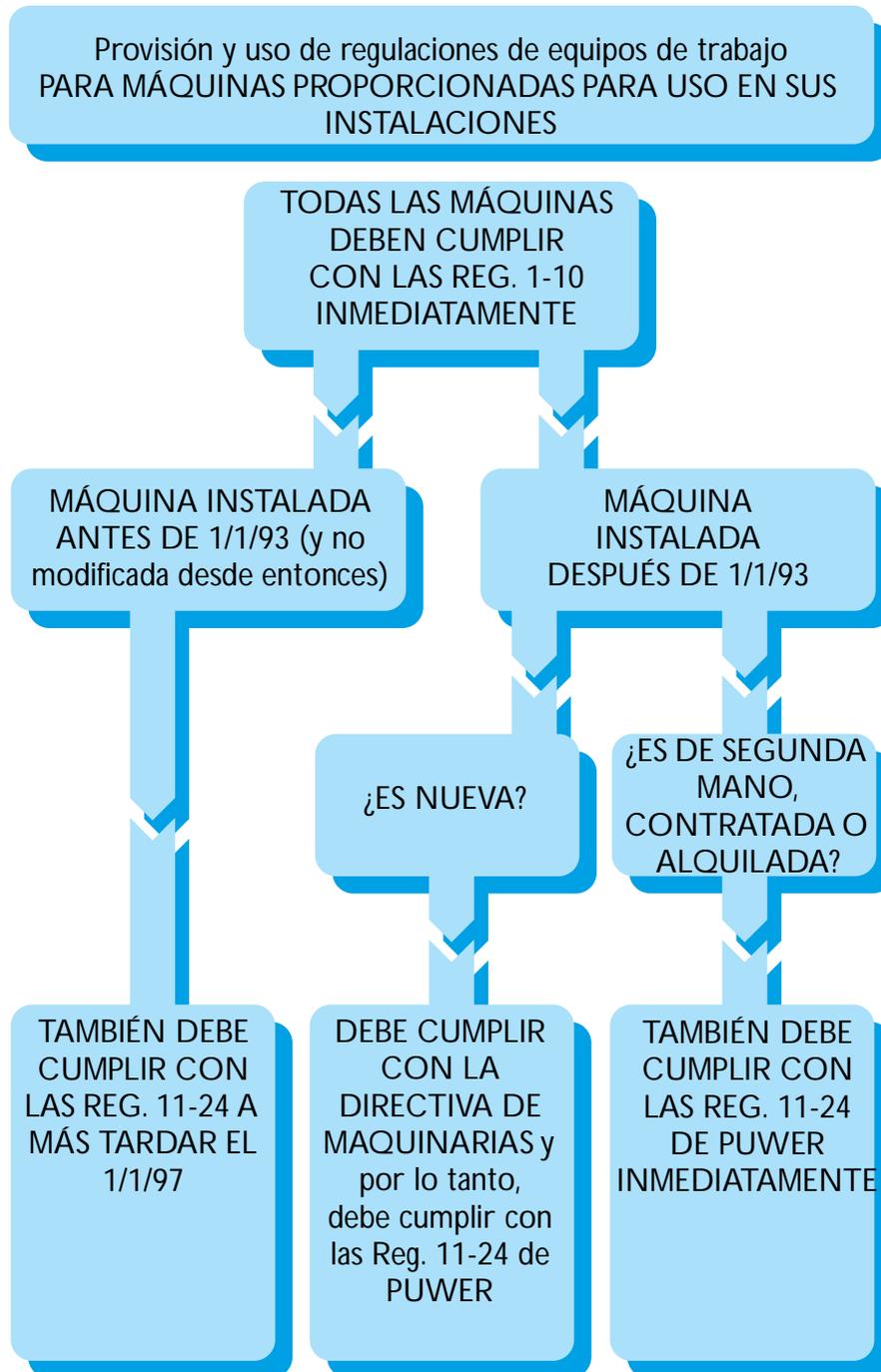


Figura 11: Descripción general de procedimientos para uso de la Directiva de Equipos de Trabajo, de acuerdo a lo promulgado en el Reino Unido por la Provisión A y el uso de regulaciones de equipos de trabajo

Se han concertado acuerdos con otras entidades de estandarización en todo el mundo para lograr la colaboración entre CEN/ CENELEC y entidades tales como IEC e ISO. Eventualmente, esto deberá resultar en la implementación de estándares comunes en todo el mundo.

Las siguientes páginas listan algunos de los estándares A y B pertinentes a esta sección. Cuando tienen el prefijo EN, significa que son estándares publicados. Cuando tienen el prefijo prEN, significa que todavía no estaban en la etapa final de publicación al momento de la impresión de esta sección.



Estándares de maquinarias

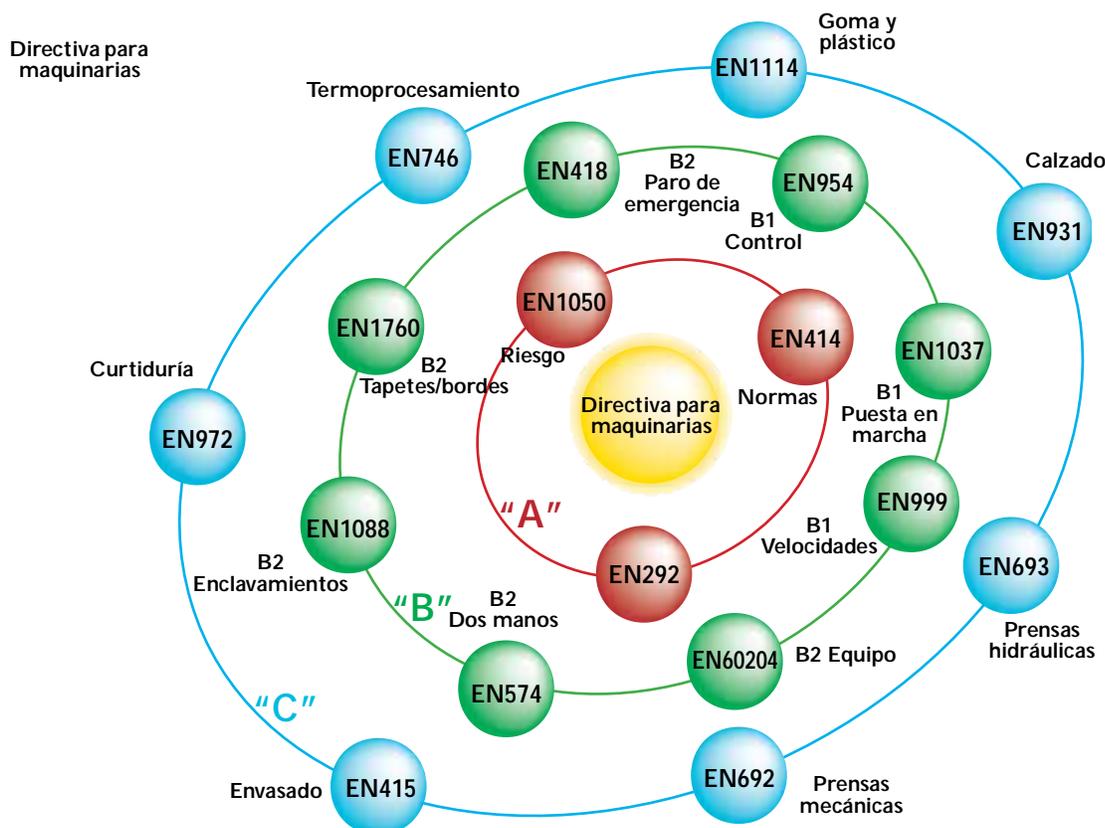


Figura 12

EN 292 (ISO 12100 pts 1 y 2):

Seguridad de maquinaria

Conceptos básicos, principios generales de diseño.

Es un estándar A que describe todos los principios básicos, incluyendo evaluación de riesgos, guardas, dispositivos de enclavamiento, paros de emergencia, dispositivos de disparo, distancias de seguridad, etc. Hace referencia a otros estándares e incluye los requisitos de seguridad esenciales de la Directiva de maquinarias.

EN 60204-1 (IEC 60204-1):

Seguridad de maquinaria

Equipo eléctrico de máquinas—Requisitos generales del Pt 1.

Éste es un estándar muy importante que indica recomendaciones sobre aspectos relacionados a la seguridad del cableado y equipos eléctricos en las máquinas.

EN 294 (ISO 13852): Seguridad de maquinaria

Distancias de seguridad para evitar introducir las extremidades superiores en las zonas de peligro.

Proporciona datos para calcular tiempos de apertura seguros, posicionamiento de guardas, etc.

EN 811 (ISO 13853): Seguridad de maquinaria

Distancias de seguridad para evitar introducir las extremidades inferiores en las zonas de peligro.

Proporciona datos para calcular tiempos de apertura seguros, posicionamiento de guardas, etc.

EN 349 (ISO 13854): Seguridad de maquinaria

Distancias mínimas para evitar triturar partes del cuerpo humano.

Proporciona datos para calcular espacios seguros entre piezas móviles, etc.



EN 1088 (ISO 14119): Seguridad de maquinaria

Dispositivos de enclavamiento asociados con las guardas—Principios de diseño y selección.

Proporciona principios de diseño y selección de los dispositivos de enclavamiento asociados con las guardas.

Con el fin de verificar los interruptores mecánicos, se refiere a IEC 60947-5-1—Interruptores de bajo voltaje—Pt 5: Dispositivos de circuitos de control y elementos de conmutación—Sección 1: Dispositivos de circuitos de control electromecánico.

Con el fin de verificar interruptores no mecánicos se refiere a IEC 60947-5-3—Requisitos particulares para dispositivos de proximidad con medidas de prevención de fallos o comportamiento definido ante condiciones de fallo. (Número y título provisional solamente).

EN 954-1 (ISO 13849-1): Seguridad de maquinaria

Piezas de sistemas de control relacionadas con la seguridad—Pt 1: Principios generales de diseño.

Este estándar describe los requisitos para las piezas críticas de seguridad de los sistemas de control de máquinas y describe 5 categorías de rendimiento “B, 1, 2, 3 y 4”. No se sabe con certeza el número que tendrá posteriormente. Sin embargo, independientemente de la forma en que se publique, es importante tener un conocimiento práctico de este documento ya que sus categorías se están convirtiendo en el “lenguaje” común aceptado para describir el desempeño de sistemas de control relacionados a la seguridad.

EN 1050 (ISO 14121): Seguridad de maquinaria

Principios de la evaluación de riesgos.

Describe los aspectos fundamentales de la evaluación de riesgos durante la vida útil de la maquinaria. Resume los métodos de análisis de riesgos y estimación de riesgos.

EN 999 (ISO 13855): Seguridad de maquinaria

El posicionamiento de equipo protector con respecto a las velocidades de aproximación de partes del cuerpo humano.

Proporciona métodos para que los diseñadores calculen las distancias de seguridad mínimas desde un peligro para dispositivos de seguridad específicos, en especial para dispositivos electrosensibles (por ej., cortinas de luz), tapetes/pisos sensibles a la presión y controles de dos manos. Contiene un principio para el posicionamiento de dispositivos de seguridad basados en la velocidad de aproximación y el tiempo de paro de la máquina que pueden ser extrapolados razonablemente para cubrir puertas de guardas enclavadas sin bloqueo de guarda.

EN 574—Seguridad de maquinaria

Dispositivos de control de dos manos—Aspectos funcionales—Principios de diseño.

Proporciona requisitos y guía para el diseño y selección de dispositivos de control de dos manos, incluyendo cómo evitar la desactivación y cómo evitar fallos.

EN 418 (ISO 13850): Seguridad de maquinaria

Dispositivos de paro de emergencia, aspectos funcionales—Principios de diseño.

Proporciona principios y requisitos de diseño.

ISO 11161 (actualmente en revisión por ISO y EN): Sistemas de automatización industrial

Seguridad de sistemas de fabricación integrados—Requisitos básicos.

Este estándar especifica los requisitos de seguridad cuando dos o más máquinas están interconectadas y son operadas por un controlador capaz de ser reprogramado para la fabricación de piezas o ensamblajes discretos.

IEC/EN 61496-1: Seguridad de maquinaria

Equipo protector electrosensible, Pt 1: Requisitos generales y pruebas. (Versión EN no publicada).

IEC 61496-2: Requisitos generales y pruebas.

Pt 2: Requisitos específicos para equipos que usan dispositivos protectores de optoelectrónica activa.

La Parte 1 proporciona los requisitos y procedimientos de prueba para el control y monitoreo de aspectos para equipos protectores electrosensibles. Las partes subsiguientes tratan aspectos referentes al lado de detección del sistema. La Parte 2 proporciona requisitos particulares para las cortinas de luz de seguridad.

EN 1760-1: Seguridad de maquinaria

Dispositivos de seguridad sensibles a la presión—Pt 1: Tapetes y pisos.

Proporciona los requisitos y procedimientos de pruebas.

EN 1760-2: Seguridad de maquinaria

Dispositivos de seguridad sensibles a la presión—Pt 2: Bordes y barras.

Proporciona los requisitos y procedimientos de pruebas.

EN 1037 (ISO 14118): Seguridad de maquinaria

Requisitos generales para el diseño y construcción de guardas.

Proporciona definiciones, descripciones y requisitos de diseño de las guardas fijas y móviles.

EN 1038—Seguridad de maquinaria

Aislamiento y disipación de energía—Prevención de arranque inesperado.

Define medidas referentes al aislamiento de máquinas de las fuentes de alimentación eléctrica y a la disipación de energía almacenada para evitar un arranque inesperado de la máquina y permitir una intervención con toda seguridad en las zonas peligrosas.



Selección de medidas de protección

Cuando la evaluación de riesgos muestra que una máquina o proceso tiene el riesgo de causar lesiones personales, la fuente de peligro debe eliminarse o contenerse. La manera de hacer esto dependerá del tipo de máquina y la fuente de peligro. En términos básicos, esto significa evitar cualquier acceso a las piezas pertinentes mientras están en una condición peligrosa. La mejor selección de una medida de protección es un dispositivo o sistema que proporcione la máxima protección con la mínima obstrucción de la operación normal de la máquina. Es importante considerar todos los aspectos de la máquina, ya que la experiencia demuestra que es más probable que un sistema difícil de usar sea retirado o pasado por alto. Para lograrlo, se puede elegir uno de los siguientes:

1. Evitar el acceso durante un movimiento peligroso o bien
2. Evitar el movimiento peligroso durante el acceso.

Las siguientes páginas proporcionan una descripción general breve de las características de los dispositivos más comúnmente usados.

Evitar el acceso

Guardas de aislamiento fijas.

Si la fuente de peligro se encuentra en una parte de la maquinaria que no requiere acceso, debe tener una protección permanente con guardas de aislamiento fijas.

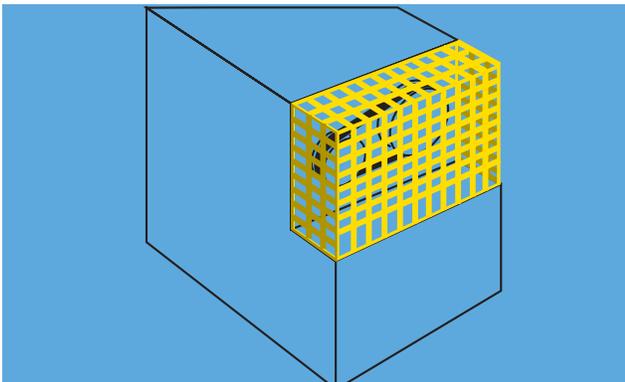


Figura 13

Guardas móviles con interruptores de enclavamiento

Si se requiere acceso, debe haber una guarda móvil (que pueda abrirse), la cual se enclava con el suministro de energía de la pieza de peligro de manera que asegure que cada vez que la puerta de la guarda no esté cerrada, se desactivará la alimentación eléctrica de la pieza de peligro. Este método requiere el uso de un interruptor de enclavamiento acoplado a la puerta de la guarda. El control de la fuente de energía del peligro es encaminado a través de la sección de conmutación de la unidad. La fuente de energía es generalmente eléctrica, pero podría ser también neumática o hidráulica. Cuando se detecta movimiento (apertura) de la puerta de la guarda, el interruptor de enclavamiento aísla el suministro de energía de la fuente de peligro ya sea directamente, o mediante un contactor de alimentación eléctrica (o válvula).

Algunos interruptores de enclavamiento también incorporan un dispositivo de enclavamiento que enclava la puerta de la guarda en posición cerrada y no permite que se abra hasta que la máquina esté en una condición segura. En la mayoría de aplicaciones, la combinación de una guarda móvil y un interruptor de enclavamiento con o sin bloqueo de la guarda es la solución más confiable y económica.

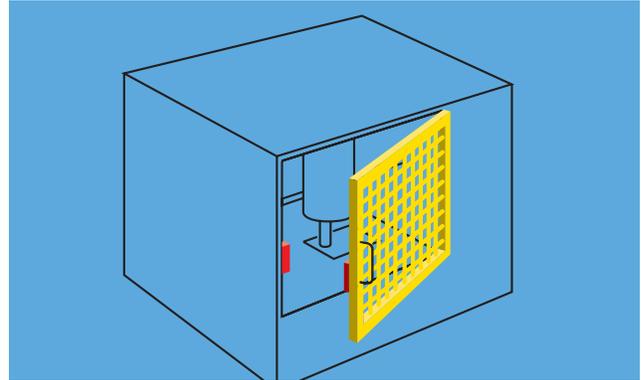


Figura 14

Controles de dos manos

El uso de los controles de dos manos (llamados también controles dobles) es un método común de evitar el acceso mientras la máquina está en una condición peligrosa. Dos botones de inicio deben activarse simultáneamente para que la máquina funcione. Esto asegura que ambas manos del operador estén ocupadas en una posición segura (por ej., en los controles) y por lo tanto no puedan estar en el área peligrosa.

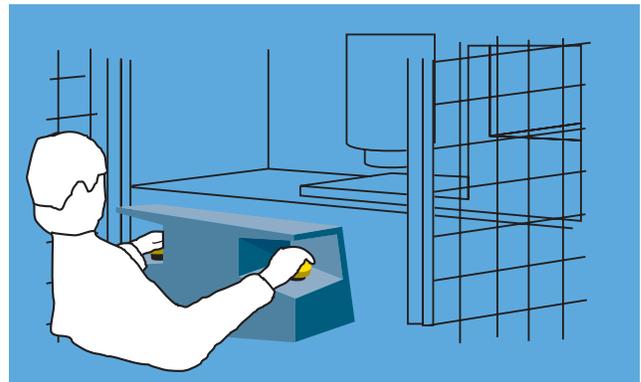


Figura 15

Nota: Este tipo de medida sólo protege al operador y no ofrece protección a los demás trabajadores.

Un sistema de dos manos depende en gran medida de la integridad de su sistema de control y monitoreo para detectar cualquier fallo, por lo tanto es importante que este aspecto esté diseñado según la especificación correcta.

El diseño físico debe impedir una operación incorrecta (por ej., con la mano y el codo).



La máquina no debe ir de un ciclo a otro sin soltar y presionar ambos botones. Esto evita la posibilidad de bloquear ambos botones, dejando la máquina en funcionamiento continuo. El soltar cualquiera de los botones debe causar que la máquina se detenga. El uso del control de dos manos debe considerarse con cautela ya que generalmente permite la exposición a algún tipo de riesgo.

Sin embargo, es muy útil en aplicaciones tales como dispositivos pendientes con fines de aprendizaje y controles de microavance porque puede ofrecer mayores niveles de protección cuando se usa junto con otros dispositivos de protección.

Cómo evitar movimientos peligrosos

Cuando se requieren accesos frecuentes, la guarda física en el lugar peligroso algunas veces es demasiado restrictiva para la carga de piezas o el ajuste. En este caso se requiere un dispositivo para evitar un movimiento peligroso y a la vez permitir un acceso no restringido mediante la detección de la presencia del operador y el aislamiento de la fuente de energía.

Cortinas de luz fotoeléctrica

Estos dispositivos emiten una “cortina” de haces de luz infrarroja inocuos frente al área peligrosa. Cuando alguno de los rayos es bloqueado debido a una intrusión hacia el área peligrosa, el circuito de control de la cortina de luz desactiva la fuente de energía peligrosa. Muchos factores son los que rigen el tipo y posicionamiento de una cortina de luz, y estos se indican en EN 999 “The positioning of protective equipment in respect of approach speeds of parts of the human body” (El posicionamiento de equipo protector con respecto a velocidades de aproximación de partes del cuerpo humano).

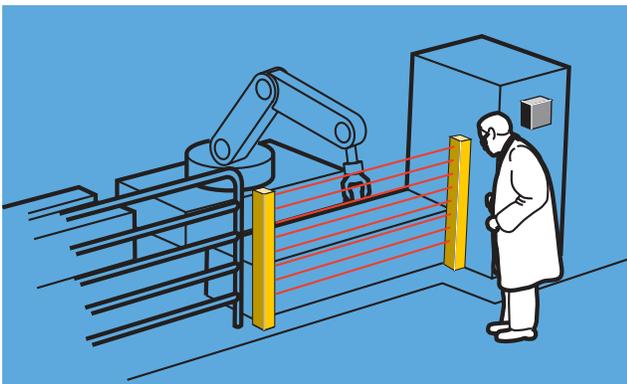


Figura 16

Las cortinas de luz son extremadamente versátiles y pueden resguardar áreas con una amplitud de muchos metros. Mediante espejos, los haces de luz pueden desviarse hacia alrededor de las esquinas para cercar una máquina. Están disponibles con diferentes espaciamientos de los haces de luz, lo cual las hace ideales para una gama de aplicaciones desde resguardo de perímetros para robots industriales hasta resguardo de punto de acceso en prensas y cortadoras.

Tapetes de seguridad para el piso sensibles a la presión

Estos dispositivos se usan para proporcionar resguardo de una área del piso alrededor de una máquina. Se coloca una matriz de tapetes interconectados alrededor del área de peligro y cualquier presión (por ej., la pisada de un operador) causará que la unidad controladora del tapete desactive la alimentación eléctrica a la pieza peligrosa.

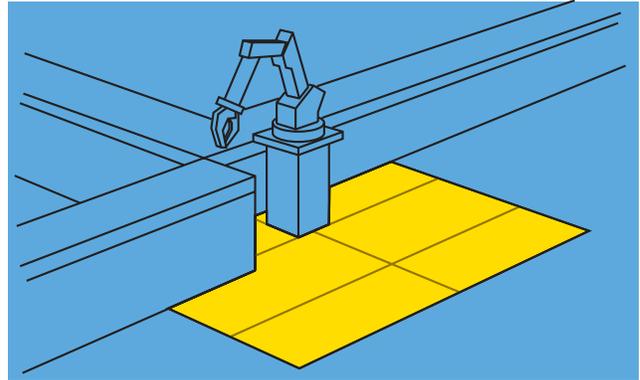


Figura 17

Los tapetes sensibles a la presión generalmente se usan dentro de un área cerrada que contiene varias máquinas – celdas robóticas o de manufactura flexible, por ejemplo. Cuando se requiere acceso a la celda (para el establecimiento o “aprendizaje” del robot, por ejemplo), éstos evitan un movimiento peligroso si el operador se sale del área de seguridad.

El tamaño y posicionamiento de los tapetes debe calcularse usando las fórmulas de EN 999 “The positioning of protective equipment in respect of approach speeds of parts of the human body” (El posicionamiento de equipo protector con respecto a velocidades de aproximación de partes del cuerpo humano).

Bordes sensibles a la presión

Estos dispositivos son tiras para bordes que pueden montarse al borde de una pieza móvil, tal como la mesa o la puerta eléctrica de una máquina, la cual constituye un riesgo de trituración o corte.



Figura 18

Si la pieza móvil golpea al operador (o viceversa), el borde sensible flexible se oprime y desactivará la fuente de energía de la pieza peligrosa. Los bordes sensibles también pueden usarse para resguardar maquinaria cuando existe el riesgo de que se enrede el



operador. Si la máquina atrapa a un operador, el contacto con el borde sensible desactivará la alimentación eléctrica de la máquina.

Las cortinas de luz de seguridad, los tapetes para el piso y los bordes sensibles pueden clasificarse como “dispositivos de disparo”. No restringen el acceso, lo “detectan”. Se basan totalmente en su capacidad de detección y conmutación para la provisión de seguridad. Es importante que su circuito de control incorpore medidas de automonitoreo y a prueba de fallo. Generalmente son adecuados sólo para maquinarias que se detienen razonablemente rápido después que se desconecta la alimentación eléctrica. Puesto que un operador puede caminar o entrar directamente al área peligrosa, obviamente es necesario que el tiempo requerido para que el movimiento se detenga sea menor que el tiempo requerido para que el operador entre en contacto con la pieza peligrosa después de causar el disparo del dispositivo.

Paros

En los EE.UU., Europa y a nivel internacional, existe un acuerdo sobre las descripciones de las categorías de paro para máquinas o sistemas de fabricación. NOTA: estas categorías son diferentes a las categorías de EN 954-1 (ISO 13849-1). Vea Estándares NFPA79 e IEC/EN60204-1 para obtener más detalles. Los paros pertenecen a tres categorías:

- **Categoría 0** es paro mediante desconexión inmediata de la alimentación eléctrica a los accionadores de la máquina. Esto se considera paro no controlado. Con la alimentación eléctrica desconectada, la acción de freno que requiere alimentación eléctrica no será eficaz. Esto permitirá que los motores giren libremente y paren por inercia en un período de tiempo extendido. En otros casos, la máquina que está reteniendo accesorios puede dejar caer material, lo cual requiere alimentación eléctrica para retener el material. También puede usarse medios de paro mecánico que no requieren alimentación eléctrica con un paro de categoría 0. El paro de categoría 0 tiene prioridad sobre los paros de categoría 1 ó 2.
- **Categoría 1** es un paro controlado con alimentación eléctrica disponible a los accionadores de la máquina para realizar el paro. Luego, cuando se realiza el paro, la alimentación eléctrica se desconecta de los accionadores. Esta categoría de paro permite que el freno energizado detenga rápidamente el movimiento peligroso y luego la alimentación eléctrica puede desconectarse de los accionadores.
- **Categoría 2** es un paro controlado con alimentación eléctrica disponible a los accionadores de la máquina. Un paro de producción normal se considera paro de categoría 2.

Estas categorías de paro deben aplicarse a cada función de paro, cuando la función de paro es la acción tomada por las piezas asociadas con la seguridad del sistema de control en respuesta a una entrada, la categoría 0 ó 1 debería utilizarse. Las funciones de paro deben anular las funciones de arranque relacionadas. La selección de la categoría de paro de cada función de paro debe determinarse mediante una evaluación de riesgos.

Función de paro de emergencia

La función de paro de emergencia debe funcionar como paro de categoría 0 o categoría 1, según lo determinado por una evaluación de riesgos. Debe ser iniciada por una sola acción humana. Cuando se ejecuta, debe anular todas las otras funciones y modos de operación de la máquina. El objetivo es desconectar la alimentación eléctrica tan rápidamente como sea posible sin crear peligros adicionales.

Hasta hace poco, se requerían componentes electromecánicos cableados para circuitos de paro de emergencia de categoría. Con la introducción de los PLC de seguridad, la lógica electrónica que cumple con los requisitos de estándares tales como IEC61508 puede utilizarse en el circuito de paro de emergencia. La versión publicada actualizada de IEC 60204-1 requiere componentes electromecánicos. Se está considerando eliminar esta restricción de IEC 60204-1 en futuras ediciones de este estándar. La desconexión final de la alimentación eléctrica en un circuito de paro de emergencia de categoría 0 ó 1 debe hacerse mediante un componente electromecánico.

Dispositivos de paro de emergencia

Siempre que exista el peligro de que un operador corra algún riesgo con una máquina, deben instalarse facilidades para un acceso rápido a un dispositivo de paro de emergencia. El dispositivo de paro de emergencia debe estar operativo continuamente y fácilmente accesible. Cada panel de operador debe tener por lo menos un dispositivo de paro de emergencia. Otros dispositivos de emergencia pueden utilizarse en otros lugares, según sea necesario. Los dispositivos de paro de emergencia vienen en diversos formatos. Algunos ejemplos populares son los interruptores de botón pulsador y los interruptores accionados por cable. Cuando se activa el dispositivo de paro de emergencia, éste debe engancharse y no debe ser posible generar el comando de paro sin enganche. El restablecimiento del paro de emergencia no debe causar una situación peligrosa. Una acción separada y deliberada debe utilizarse para volver a arrancar la máquina.

Para obtener más información sobre dispositivos de paro de emergencia, lea EN418 (ISO13850), IEC 60947-5-5, NFPA79 e IEC60204-1, AS4024.1, Z432-94.

Botones de paro de emergencia

La manera usual de proporcionar esto es mediante un botón pulsador de seta de color rojo sobre fondo amarillo que el operador presiona en caso de una emergencia (vea la Figura 19). Deben estar colocados estratégicamente en suficiente cantidad alrededor de la máquina para asegurar que siempre haya uno al alcance en un punto peligroso.



Figura 19



Interruptores accionados por cable

Para maquinarias tales como transportadores, generalmente es más conveniente y eficaz usar un dispositivo accionado por cable a lo largo del área peligrosa (tal como se muestra en la Figura 20.) como dispositivo de paro de emergencia. Estos dispositivos usan un cuerda de acero conectada a los interruptores de accionamiento por cuerda de manera que al tirar de la cuerda en cualquier dirección y en cualquier punto a lo largo de su longitud se accionará el interruptor y se cortará la alimentación eléctrica de la máquina.

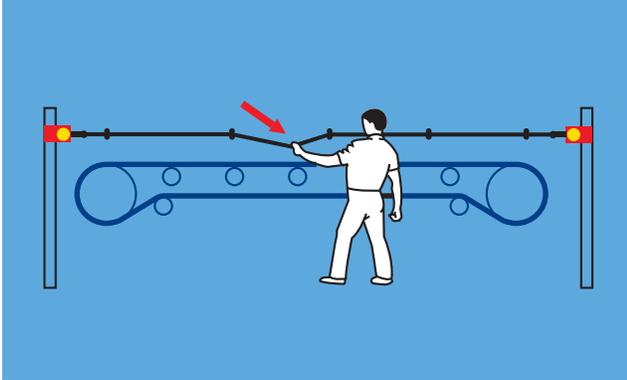


Figura 20

Interruptores de enclavamiento de compuerta

Los interruptores de enclavamiento de compuerta se usan para enviar comandos de paro a las piezas relacionadas a la seguridad del sistema de control. Los enclavamientos de compuerta pueden, pero no necesariamente tienen que realizar la misma función que un dispositivo de paro de emergencia. La categoría de paro 0 ó 1 debe determinarse mediante una evaluación de riesgos. El cerrar la compuerta no debe arrancar la máquina. Una acción separada y deliberada debe utilizarse para volver a arrancar la máquina.

Interruptores de disparo telescópico

Otras variaciones incluyen interruptores de antena telescópica donde la deflexión de la antena causa que el interruptor corte la alimentación eléctrica de la máquina. Estos dispositivos se usan más comúnmente como dispositivos de disparo en maquinaria tal como perforadoras de pilares. El interruptor se monta en la perforadora y la antena se extiende hacia abajo junto a la broca de la perforadora. En el caso de que el operador se enrede con la perforadora, desviará la antena que hace funcionar al interruptor (generalmente conectado a una unidad de freno por inyección de CC tal como se muestra en la Figura 21.)

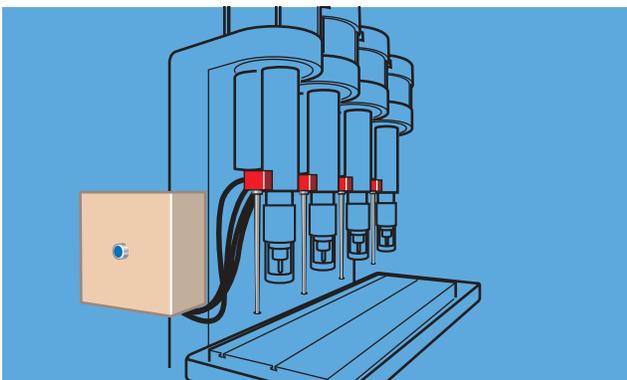


Figura 21

Estrategia de seguridad

Incluyendo evaluación de riesgos y reducción de riesgos

Desde un punto de vista puramente funcional, es mejor que una máquina realice su tarea de procesar material de la manera más eficiente posible. Pero para que una máquina sea viable, también debe ser segura.

De hecho, la seguridad debe ser una consideración principal; esto incluye la seguridad del personal y del medio ambiente. (Aunque el medio ambiente está fuera del alcance de esta sección, las dos categorías de seguridad son a menudo lo mismo).

Para crear una correcta estrategia de seguridad, debe haber una:

1. **EVALUACIÓN DE RIESGOS** basada en un claro entendimiento de los **límites y funciones de la máquina**, los cuales luego deben analizarse para **identificar** aquellos que presentan un posible peligro. Luego el grado de riesgo debido al peligro se **calcula** para proporcionar una base de juicio en etapas posteriores. Luego se requiere una **evaluación del riesgo** para determinar si las medidas de seguridad existentes son satisfactorias o si se requieren medidas adicionales para reducir el riesgo.
2. Luego se realiza la **REDUCCIÓN DEL RIESGO** si es necesario y se seleccionan medidas de seguridad en base a la información derivada de la etapa de evaluación de riesgos.

Después de la implementación de estas medidas, el proceso se repite para determinar si se logró efectivamente la seguridad.

La manera en que esto se hizo es la base de la **ESTRATEGIA DE SEGURIDAD** de la máquina.

Necesitamos seguir una lista de verificación y asegurar que todos los aspectos estén considerados y que el principio que debe prevalecer no se pierda en los detalles.

El primer paso es asegurar que todo el proceso esté documentado. Esto no sólo asegurará un trabajo más minucioso sino que también permitirá que los resultados estén disponibles para que sean verificados por terceros. Esta documentación también puede incluirse en el archivo técnico que complementa la Declaración de Conformidad para la Directiva de maquinarias. Puesto que es probable que el proceso se repita, la documentación de los resultados permite evitar repeticiones innecesarias.

Debe observarse aquí que si una máquina está diseñada de conformidad con un estándar tipo "C" específico para dicha máquina, esta ya debe incorporar todas las medidas necesarias para su seguridad. De todas maneras, se recomienda enfáticamente llevar a cabo este proceso para asegurar que todos los aspectos han sido considerados.

Aunque esta sección parece ser pertinente sólo para los fabricantes de la máquina, también es pertinente para los usuarios de la máquina, ya que las máquinas a menudo se usan en circunstancias no previstas por el fabricante. El usuario (o el empleador) debe proporcionar un ambiente de trabajo seguro. La regulación P.U.W.E.R. 5 (párrafo de guía 60) indica claramente que la seguridad del ambiente de trabajo considera tres aspectos:

- A. Su integridad inicial
- B. El lugar donde se usa
- C. El propósito para el que se usa.



Por ejemplo, una máquina fresadora usada en el taller de un colegio necesitará consideraciones adicionales con respecto a una que se usa en una sala de herramientas industriales.

También debe recordarse que si una compañía usuaria adquiere dos o más máquinas independientes y las integra en un proceso, ellos serán, técnicamente, los fabricantes de la máquina combinada resultante.

Por lo tanto, consideremos ahora los pasos esenciales para obtener una estrategia de seguridad apropiada. Lo siguiente puede aplicarse a una instalación de fábrica existente o a una sola máquina nueva.

Evaluación de riesgos

¿Por qué es necesario una evaluación de riesgos?

Una razón es obvia, **es un requisito legal** en la Unión Europea. La mayoría de las directivas y regulaciones respecto a la seguridad de maquinarias indican que debe llevarse a cabo una evaluación formal de los riesgos. La mayoría de los estándares armonizados europeos tipo A y B se refieren a ésta, y el tema tiene un estándar—EN 1050 “Principios de la evaluación de riesgos”. Es posible que hayan algunas personas encargadas de la seguridad de la maquinaria que no reconozcan la importancia de la evaluación de riesgos, pero como lo hemos establecido, es una parte integral de una estrategia de seguridad.

Es un error considerar la evaluación de riesgos como una carga. Es un proceso útil que proporciona información vital y permite que el usuario o el diseñador tomen decisiones lógicas acerca de las maneras de lograr la seguridad.

Determinación del límite de la máquina e identificación de peligros

Debe prepararse una lista completa de todas las máquinas. En los casos en que máquinas separadas estén vinculadas ya sea mecánicamente o por sistemas de control, estas deben considerarse como una sola máquina. A su vez, se considera cada máquina para ver si presenta algún tipo de peligro y la lista se marca como corresponde.

Es importante considerar todas las limitaciones y etapas de la vida de una máquina, incluyendo instalación, puesta en marcha, mantenimiento, desmantelamiento, correcto uso y operación así como las consecuencias de un mal uso o mal funcionamiento razonablemente previsible.

Todos los tipos de peligro deben considerarse, incluyendo trituración, corte, enredo, expulsión de piezas, vapores, radiación, sustancias tóxicas, calor, ruido, etc.

Nota: Si para ofrecer seguridad una máquina requiere algo aparte de su naturaleza intrínseca, esto debe indicarse como fuente de peligro. Una máquina con engranajes expuestos presenta un peligro obvio y directo. Pero si los engranajes están protegidos por un panel de acceso enclavado, constituyen un peligro potencial que puede convertirse en un peligro real en el caso de fallo del sistema de enclavamiento.

Cada máquina que presente un peligro debe ser identificada y marcada en la lista con los tipos de peligro presentes. En esta etapa sólo trataremos la identidad y tipo de peligro. Es tentador empezar a calcular el grado de riesgo presentado por la fuente de peligro, pero debemos tratar este aspecto como un proceso separado de la estimación de los riesgos.

Estimación de los riesgos

Éste es uno de los aspectos más fundamentales de la seguridad de las maquinarias. Hay muchas maneras de tratar este tema y las siguientes páginas (vea la Figura 22), ofrecen un sistema simple pero eficaz y sirven para ilustrar los principios básicos. El método deberá modificarse según sea necesario para satisfacer los requisitos de situaciones individuales. Es absolutamente necesario entender el método y su importancia.

Toda maquinaria que contiene peligros presenta riesgos.

Es importante poder describir en qué punto se encuentra el riesgo en una escala relativa de mínimo a máximo. Las siguientes páginas proporcionan un método práctico para lograrlo. Se ha demostrado que es fácil de usar y confiable como guía para un enfoque lógico. Primero, consideremos algunos de los puntos fundamentales.

1. La estimación del riesgo siempre debe documentarse.

Es tentador hacer un juicio puramente intuitivo. Aunque esto a menudo puede basarse en la experiencia, por cierto no toma en cuenta todas las consideraciones necesarias y no puede verificarse fácilmente ni pasarse a otros.

Usted debe seguir un patrón de trabajo lógico, escribir los resultados y solicitar la verificación de terceros.

2. ¿Qué es un riesgo?

El término riesgo generalmente se confunde con la gravedad de un accidente. Debe tenerse en consideración la gravedad de la lesión potencial Y la probabilidad de su ocurrencia para calcular la cantidad de riesgo presente.

3. Debe tener en consideración todos los factores previsibles.

Al igual que en la etapa de identificación de peligros, es importante considerar todas las limitaciones y etapas de la vida de una máquina incluyendo instalación, puesta en marcha, mantenimiento, desmantelamiento, correcto uso y operación así como las consecuencias de un mal uso o mal funcionamiento razonablemente previsible.





Figura 22

4. Es un proceso iterativo pero no repita el trabajo innecesariamente.

Por ejemplo: Una máquina tiene una puerta de resguardo con un sistema de enclavamiento que, durante una evaluación de riesgos anterior, demostró ser satisfactorio. Siempre que no existan cambios que lo hayan afectado, durante las evaluaciones de riesgos subsiguientes no se requerirá tomar medidas adicionales ya que el riesgo ha sido satisfactoriamente reducido (o eliminado). Pero si la máquina nunca fue sometida a una evaluación formal de riesgos o si sus circunstancias de uso cambiaron, entonces no se puede suponer automáticamente que el sistema de enclavamiento es satisfactorio y la estimación del riesgo debe repetirse para verificar su idoneidad.

Las sugerencias para calcular riesgos proporcionadas en las siguientes páginas no se ofrecen como método definitivo ya que las circunstancias individuales pueden indicar la necesidad de un método diferente. SE HAN DISEÑADO ÚNICAMENTE COMO PAUTAS GENERALES PARA FOMENTAR EL USO DE UNA ESTRUCTURA METÓDICA Y DOCUMENTADA.

Su propósito es explicar y complementar la sección de cálculo de riesgos en el estándar EN 1050 “Principles for Risk Assessment” (“Principios de la evaluación de riesgos”). Utiliza los mismos

principios bien establecidos que el estándar, pero tiene algunas variaciones menores en el método detallado. Esto refleja el hecho de que han sido influenciadas significativamente por la necesidad de desarrollar un método directo, confiable y específicamente diseñado para ayudar a seleccionar los sistemas de protección.

Los siguientes factores se tienen en consideración:

1. LA GRAVEDAD DE UNA LESIÓN POTENCIAL.
2. LA PROBABILIDAD DE SU OCURRENCIA.
 - a – FRECUENCIA DE EXPOSICIÓN.
 - b – PROBABILIDAD DE LESIÓN.

Trataremos cada factor independientemente y asignaremos valores a estos factores.

Use todos los datos y experiencia disponibles. Usted está tratando con todas las etapas de la vida útil de la máquina, por lo tanto base sus decisiones en el peor de los casos.

Recuerde que para el propósito de este ejercicio, usted debe suponer que no se ha aplicado un sistema de protección o que éste falló produciendo peligro. Por lo tanto, es posible que por ejemplo la alimentación eléctrica de la máquina no esté aislada cuando se abre una guarda o la máquina puede arrancar inesperadamente mientras la guarda está abierta.

1. La gravedad de una lesión potencial

Para esta consideración estamos suponiendo que el accidente o incidente ya ocurrió. Un estudio cuidadoso de la fuente de peligro revelará cuál es la lesión más grave posible.



En este ejemplo, la lesión más grave posible sería “fatal”.

En este ejemplo, la lesión más severa posible sería “grave”. Con la posibilidad de magulladura, rotura, amputación de dedo o lesión producida por expulsión de llave de mandril, etc.

Figura 23

Recuerde: Para esta consideración estamos suponiendo que una lesión es inevitable y sólo estamos preocupados por su gravedad.

La gravedad de la lesión debe evaluarse como:

- **FATAL**
- **MAYOR:** (Normalmente irreversible) Incapacidad permanente, pérdida de la vista, amputación de extremidad, daño respiratorio, etc.
- **GRAVE:** (Normalmente reversible) Pérdida del conocimiento, quemaduras, roturas, etc.
- **MENOR:** Magulladuras, cortes, abrasiones ligeras, etc.





Figura 24

2a. Frecuencia de exposición

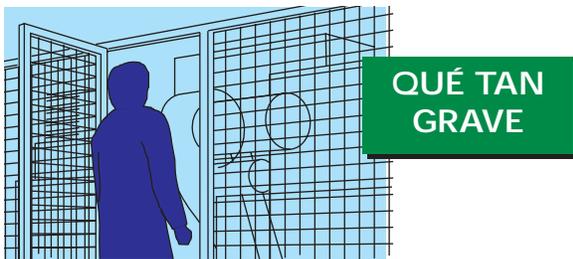


Figura 25

La frecuencia de la exposición al peligro puede clasificarse como:

- **FRECUENTE:** Varias veces al día.
- **OCASIONAL:** Diariamente.
- **INFRECUENTE:** Semanalmente o menos.



Figura 26: Los valores se asignan como se indica a continuación

2b. Probabilidad de lesión

Usted debe suponer que el operador está expuesto al movimiento o proceso peligroso.



En este ejemplo, la probabilidad de lesión podría clasificarse como "cierta" por la cantidad del cuerpo en el área de peligro y la velocidad de operación de la máquina.

En este ejemplo, la probabilidad de lesión puede clasificarse como "posible" ya que hay contacto mínimo entre el peligro y el operador. Quizás haya tiempo para alejarse del peligro.

Figura 27

Al considerar la manera en la cual el operador está involucrado con la máquina y otros factores (velocidad de puesta en marcha, por ejemplo), la probabilidad de lesión puede clasificarse como:

- Improbable
- Probable
- Posible
- Cierta

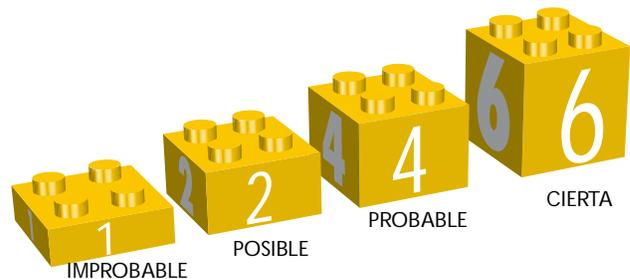


Figura 28: Los valores se asignan como se indica a continuación

Se asigna un valor a todos los encabezados y ahora se suman para obtener un cálculo inicial.

El siguiente paso es ajustar el cálculo inicial considerando factores adicionales tales como lo indicados a continuación. A menudo estos sólo pueden considerarse correctamente cuando la máquina está instalada en su ubicación permanente.





Figura 29
(Nota: Esto no se basa en las ilustraciones de los ejemplos previos).

Dependiendo del tipo y uso de la maquinaria, pueden haber otros factores pertinentes que deben listarse y considerarse en esta etapa, tal como se muestra en la Tabla 1.

Factor típico	Acción sugerida
Más de una persona están expuestas al peligro	Multiplique el factor de gravedad por el número de personas.
Tiempo prolongado en la zona de peligro sin un aislamiento completo de la alimentación eléctrica.	Si el tiempo de cada acceso es más de 15 minutos, agregue 1 punto al factor de frecuencia.
El operador es inexperto o no tiene la capacitación requerida.	Agregue 2 puntos al total.
Intervalos muy largos (por ej., 1 año) entre accesos. (Pueden haber fallos progresivos y no detectados, especialmente en los sistemas de monitoreo).	Añada puntos equivalentes al máximo factor de frecuencia.

Tabla 1

Luego los resultados de los factores adicionales se suman al total previo, tal como se muestra (vea la Figura 30).

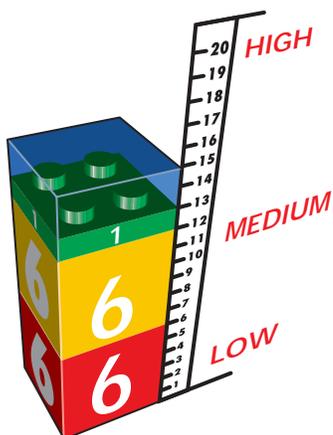


Figura 30

Reducción y evaluación de riesgos

Ahora debemos considerar cada máquina y sus riesgos respectivos y tomar medidas para solucionar todos sus peligros.

La Sección 1.2.2(b) del ANEXO I de la Directiva de Maquinarias explica que hay tres métodos básicos que deben considerarse y usarse en el siguiente orden:

- Eliminar o reducir riesgos en la medida de lo posible (diseño y construcción de maquinaria inherentemente segura),
- Tomar las medidas de protección necesarias en relación a riesgos que no pueden eliminarse,
- Informar a los usuarios respecto a riesgos residuales debidos a deficiencias de las medidas de protección adoptadas, indicar si se requiere una capacitación particular y especificar la necesidad de proporcionar equipo de protección personal.

Si la máquina todavía está en la etapa de diseño, quizás sea posible eliminar la fuente de peligro cambiando el diseño. Si los métodos de diseño no pueden proporcionar la respuesta, deberá realizarse otra acción.

Los tipos de medidas a considerar se proporcionan en mayor detalle en la Regulación 11 (2) JERARQUÍA DE MEDIDAS de P.U.W.E.R. (Regulación sobre Provisión y uso de equipo de trabajo 1992):

- A. Guardas de aislamiento fijas.
- B. Guardas móviles (enclavadas) o dispositivos de protección (cortinas de luz, tapetes para el piso, etc.).
- C. Aparatos de protección (guías, sujetadores, varillas de empuje, etc.): Usados para alimentar una pieza de trabajo manteniendo a la vez el cuerpo del operador fuera de la zona de peligro. A menudo se usa en combinación con guardas.
- D. La provisión de información, instrucciones, capacitación y supervisión.

Es importante que los operadores tengan la capacitación necesaria en los métodos de trabajo seguro de una máquina. Esto no significa que pueden omitirse las medidas (a), (b) o (c). No es aceptable simplemente indicar a un operador que no debe acercarse a las áreas peligrosas (como alternativa de protección).

Equipo de protección personal — Además de las medidas indicadas anteriormente, también puede ser necesario que el operador use equipo como guantes especiales, gafas de protección, respiradores, etc. El diseñador de la maquinaria debe especificar el tipo de equipo requerido. El uso de equipo de protección personal generalmente no constituirá el método de protección principal sino que complementará las medidas indicadas anteriormente.

Cada medida de la jerarquía debe considerarse, empezando por la primera, y usarse siempre que sea posible. Esto puede resultar en el uso de una combinación de medidas.

Si no se requiere acceder a áreas peligrosas, la solución es protegerlas mediante algún tipo de guarda fija de aislamiento.

Si se requiere acceso, entonces las cosas se complican un poco. Será necesario asegurar que sólo pueda obtenerse acceso mientras la máquina está en una condición de seguridad. Se requerirán medidas de protección tales como puertas de guarda enclavadas y/o sistemas



de disparo. La selección del dispositivo o sistema dependerá significativamente de las características de operación de la máquina. Esto es extremadamente importante ya que un sistema que menoscaba la eficiencia de la máquina tiene el riesgo de que sea retirado u omitido sin autorización.

La seguridad de la máquina en este caso dependerá del uso apropiado y de la correcta operación del sistema de protección aun en condiciones de fallo. Ahora la aplicación ha sido considerada con respecto al sistema de protección apropiado.

Ahora debe considerarse la correcta operación del sistema. Dentro de cada tipo es posible que haya una variedad de tecnologías con diversos grados de rendimiento del monitoreo, detección o prevención de fallos.

En un universo ideal, cada sistema de protección sería perfecto sin posibilidades de fallo ni condiciones peligrosas. Sin embargo, en el mundo real, estamos restringidos por los límites actuales de conocimientos y materiales. Otra restricción muy real es, por supuesto, el costo. Basado en estos factores, es obvio que se requiere un sentido de proporción. El sentido común nos indica que sería ridículo insistir en que la integridad de un sistema de seguridad de una máquina que puede causar, en el peor de los casos, magulladuras leves, sea igual a la integridad de un sistema requerido para mantener un avión en el aire. Las consecuencias de un fallo son drásticamente diferentes y por lo tanto necesitamos tener alguna manera de relacionar el grado de las medidas de protección con el nivel de riesgo obtenido en la etapa de estimación de los riesgos,

Independientemente del tipo de dispositivo protector seleccionado, debe recordarse que un “sistema relacionado a la seguridad” puede contener muchos elementos, entre ellos el dispositivo protector, el cableado, el dispositivo de conmutación de alimentación eléctrica y algunas veces partes del sistema de control operativo de la máquina. Todos estos elementos del sistema (incluyendo guardas, montaje, cableado, etc.) deben tener características de rendimiento apropiadas pertinentes a sus principios y tecnología de diseño. El Estándar ISO 13849-1 describe diversas categorías de piezas relacionadas con la seguridad de los sistemas de control. La siguiente sección tiene más información sobre este tema.

Uno de los errores más comunes es la creencia de que un nivel de riesgo alto siempre es directamente igual a un nivel de categoría alta. Veremos en el siguiente capítulo que éste no siempre es el caso.

La tabla mostrada en la *Figura 31* es una sugerencia para parte de un proceso documentado que considera todos los aspectos de seguridad de la maquinaria en uso. Éste actúa como guía para los usuarios de maquinaria, pero los fabricantes o suministradores de maquinaria también pueden usar el mismo principio para confirmar que todo el equipo ha sido evaluado y servirá como índice para informes más detallados sobre evaluación de riesgos.

Esto muestra que cuando una máquina lleva la marca CE, simplifica el proceso porque los peligros de la máquina ya fueron evaluados por el fabricante y se han tomado todas las medidas necesarias. Aun con un equipo marcado con el distintivo CE, es posible que hayan peligros debido a la naturaleza de la aplicación o al material que se está procesando, lo cual no fue previsto por el fabricante.



Company - MAYKIT WRIGHT LTD
 Facility - Tool room - East Factory.
 Date - 8/29/95
 Operator profile - Apprentice/Fully skilled.

Equipment Identity & Date	Directive Conformity	Risk Assessment Report Number	Accident History	Notes	Hazard Identity	Hazard Type	Action Required	Implemented and Inspected - Reference
Bloggs center lathe. Serial no. 8390726 Installed 1978	None claimed	RA302	None	Electrical equipment complies with BS EN 60204 E-Stops fitted (replaced 1989)	Chuck rotation with guard open	Mechanical Entanglement Cutting	Fit guard interlock switch	11/25/94 J Kershaw Report no 9567
					Cutting fluid	Toxic	Change to non toxic type	11/30/94 J Kershaw Report no 9714
					Swarf cleaning	Cutting	Supply gloves	11/30/94 J Kershaw Report no 9715
Bloggs turret head milling m/c Serial no 17304294 Manuf 1995 Installed May 95	M/c Dir. EMC Dir	RA416	None		Movement of bed (towards wall)	Crushing	Move machine to give enough clearance	4/13/95 J Kershaw Report no 10064

Figura 31

Sistemas de control con fines de seguridad

¿Qué es un sistema de control relacionado con la seguridad? (generalmente abreviado SRCS).

Es la parte del sistema de control de una máquina que evita que ocurra una condición peligrosa. Puede ser un sistema dedicado separado o puede estar integrado con el sistema de control normal de la máquina.

Su complejidad puede variar desde un sistema simple típico, tal como un interruptor de enclavamiento de puerta de guarda e interruptor de paro de emergencia conectados en serie, a la bobina de control de un contactor de alimentación eléctrica, hasta un sistema compuesto que comprende dispositivos simples y complejos que se comunican a través de software y hardware.

Para proporcionar la función de seguridad, el sistema debe continuar funcionando correctamente bajo todas las condiciones previsible.

¿Cómo diseñamos un sistema que logre esto, y cuando lo hayamos hecho, cómo hacemos una demostración?

El estándar ISO 13849-1 “Piezas relacionadas a la seguridad de sistemas de control” trata estos aspectos. Establece un “lenguaje” de cinco categorías como puntos de referencia y describe el rendimiento de los SRCS (vea la Figura 32 para obtener un resumen de estas categorías).

Nota: Nota 1: La Categoría B por sí misma no tiene medidas especiales de seguridad, pero forma la base para las otras categorías.

Nota: Nota 2: En caso de múltiples fallos causados por una causa común o como consecuencia inevitable del primer fallo, éstos deben contarse como un solo fallo.

Nota: Nota 3: La revisión de fallos puede limitarse a dos fallos combinados si se justifica, pero los circuitos complejos (por ej., circuitos de microprocesador) pueden requerir la consideración de más fallos combinados.

Entonces, ¿cómo se decide qué categoría se necesita? Para traducir estos requisitos a una especificación de diseño de sistema, tiene que haber una interpretación de los requisitos básicos.

Es un error común creer que la categoría 1 proporciona la mínima protección y que la categoría 4 proporciona la máxima. *Éste no es el razonamiento con el que se crearon las categorías.* Estas se han diseñado como puntos de referencia que describen el rendimiento funcional de diferentes métodos de control relacionado con la seguridad y las partes que lo constituyen.

La Categoría 1 tiene el propósito de PREVENIR fallos. Esto se logra utilizando principios de diseño, componentes y materiales adecuados. La simplicidad del principio y el diseño complementado con características estables y predecibles del material, son las claves de esta categoría.

Las categorías 2, 3 y 4 requieren que si un fallo no se puede evitar, éste se debe DETECTAR (y realizar la acción apropiada). El monitoreo y la verificación son las claves de estas categorías. El método usual (pero no el único) de monitoreo es duplicar las funciones críticas de seguridad (por ej., redundancia) y comparar la operación.



Resumen de requisitos	Comportamiento del sistema	Principio
<p>CATEGORÍA B (vea la nota 1)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Las piezas relacionadas con la seguridad de los sistemas de control de máquina y/o su equipo protector, así como sus componentes, se diseñarán, construirán, seleccionarán, ensamblarán y combinarán de acuerdo con los estándares pertinentes, de manera que puedan soportar las influencias esperadas. 	<p>Cuando ocurre un fallo, éste puede causar la pérdida de la función de seguridad.</p>	<p>Por selección de componentes (Hacia PREVENCIÓN por fallos)</p>
<p>CATEGORÍA 1</p> <ul style="list-style-type: none"> - Los requisitos de la categoría B se aplican junto con el uso de componentes de seguridad y principios de seguridad comprobados. 	<p>Según lo descrito para la categoría B pero con una confiabilidad más alta de la función de seguridad. (A mayor la confiabilidad, menor la probabilidad de fallo).</p>	
<p>CATEGORÍA 2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se aplican los requisitos de la categoría B y el uso de principios de seguridad comprobados. - El sistema de control de la máquina verificará la(s) función(es) de seguridad al momento de la puesta en marcha de la máquina y periódicamente. Si se detecta un fallo se iniciará un estado de seguridad o, si esto no es posible, se emitirá una advertencia. 	<p>La verificación detecta la pérdida de la función de seguridad.</p> <p>La ocurrencia de un fallo puede causar la pérdida de la función de seguridad entre los intervalos de verificación.</p>	<p>Por estructura (Hacia DETECCIÓN de fallos)</p>
<p>CATEGORÍA 3 (vea las notas 2 y 3)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se aplican los requisitos de la categoría B y el uso de principios de seguridad comprobados. - El sistema estará diseñado de manera que un fallo en cualquiera de sus piezas no cause la pérdida de la función de seguridad. 	<p>Cuando ocurre el fallo, la función de seguridad siempre se ejecuta.</p> <p>Se detectarán algunos fallos, pero no todos.</p> <p>Una acumulación de fallos no detectados puede causar la pérdida de la función de seguridad.</p>	
<p>CATEGORÍA 4 (vea las notas 2 y 3)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se aplican los requisitos de la categoría B y el uso de principios de seguridad comprobados. - El sistema estará diseñado de manera que un fallo en cualquiera de sus piezas no cause la pérdida de la función de seguridad. - El fallo es detectado cuando o antes de que se ejecute la siguiente demanda en la función de seguridad. Si esta detección no es posible, entonces una acumulación de fallos no causará una pérdida de la función de seguridad. 	<p>Cuando ocurren fallos, la función de seguridad siempre se ejecuta.</p> <p>Los fallos se detectarán a tiempo para evitar la pérdida de las funciones de seguridad.</p>	

Figura 32

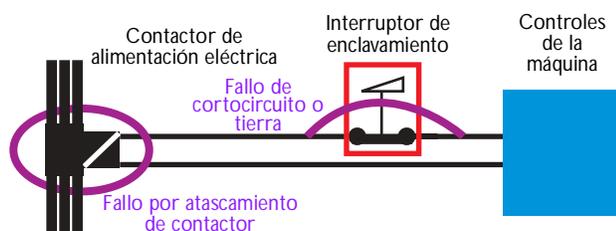


Figura 33

El ejemplo en la *Figura 33* es un sistema simple que consta de un interruptor de enclavamiento para la puerta de la guarda conectado en serie con la bobina de control de un contactor de alimentación eléctrica.

Si consideramos que el objetivo es una confiabilidad completa sin posibilidad de fallo con condición peligrosa, ¿cuál de las categorías es la más apropiada?



Si nos referimos a la *Figura 32*, ¿qué tipo de categoría es la más apropiada? ¿La prevención de fallos o la detección de fallos?

El primer paso es separar los componentes principales del sistema y considerar sus modos de fallo potenciales.

En este ejemplo los componentes son:

1. Interruptor de enclavamiento.
2. Contactor.
3. Cableado

El interruptor de enclavamiento es un dispositivo mecánico. La tarea que realiza es simple—abrir los contactos cuando la puerta de la guarda se abre. Cumple con los requisitos de la categoría 1 y con los principios de diseño y materiales correctos puede comprobarse que, cuando se usa dentro de sus parámetros de operación establecidos, no tendrá fallos con condición peligrosa. Esto es factible debido al hecho de que el dispositivo es relativamente simple y tiene características predecibles que pueden demostrarse.

El contactor es un dispositivo ligeramente más complejo y puede tener algunas posibilidades teóricas de fallo. Los contactores de fabricantes con prestigio son dispositivos extremadamente confiables. La información estadística muestra que los fallos son raros y generalmente pueden atribuirse a una deficiente instalación o mantenimiento.

Los contactores siempre deben tener sus contactos de alimentación protegidos por un dispositivo de corte de sobrecorriente para evitar la soldadura.

Los contactores deben someterse a una rutina de inspección regular para detectar una corrosión excesiva o conexiones flojas que pueden causar sobrecalentamiento y distorsión.

Debe verificarse que el contactor cumple con los estándares pertinentes que cubren las características y condiciones de uso requeridas.

Teniendo en cuenta estos factores es posible mantener las posibilidades de fallo al mínimo. Pero en algunas situaciones inclusive esto es inaceptable, y para aumentar el nivel de seguridad necesitamos usar duplicación y monitoreo.

El cableado que conecta los componentes también debe considerarse. Los fallos de cortocircuito y de tierra no detectados pueden producir una condición peligrosa, pero si está correctamente diseñado e instalado con estándares tales como los IEC/EN 60204, las probabilidades de fallos se reducen significativamente.

Este sistema puede proporcionar un nivel significativo de seguridad que será adecuado para muchas situaciones. Usted habrá notado que el contactor y el cableado son propensos a fallos inusuales, pero teóricamente posibles. En algunos casos es posible eliminar todas las posibilidades de fallo, tomando precauciones (por ej., con respecto a la protección del cable y el encaminamiento). Si esto no es factible, entonces las técnicas pertinentes a las categorías 2, 3 y 4, tales como duplicación y monitoreo, generalmente son más prácticas y económicas.

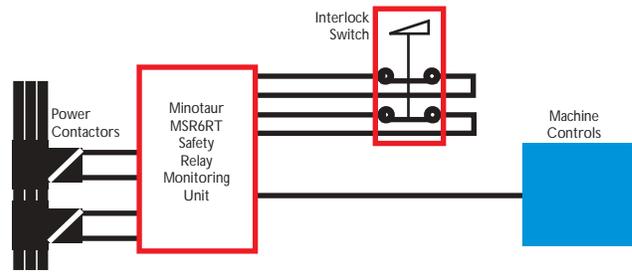


Figura 34

La Figura 34 muestra un sistema que cumple con los requisitos de la categoría 3. Una unidad de relé de monitoreo de seguridad Guardmaster MINOTAUR MSR6RT se usa para monitorear un circuito de control de dos canales. Cualquier fallo en el cableado o los contactores será detectado por el Minotauro ante la siguiente demanda de la función de seguridad. **NOTA:** Aunque el interruptor de enclavamiento ahora tiene contactos de doble polo, sigue siendo un **dispositivo** que cumple con los requisitos de la categoría 1—y forma parte de un **sistema** que cumple los requisitos de la categoría 3.

La siguiente pregunta es ¿cuándo, y en qué grado, necesitamos tomar dichas medidas?

La respuesta simple es decir que depende de los resultados de la evaluación de riesgos. Éste es el método correcto pero debemos entender que esto incluye todos los factores y no sólo el nivel de riesgo en el punto de peligro. Por ejemplo, puede pensarse que si el cálculo de riesgos muestra un alto nivel de riesgo, el interruptor de enclavamiento debería duplicarse y monitorearse. Pero en muchas circunstancias este dispositivo, debido a su aplicación, diseño y simplicidad, no fallará con condición de peligro y no existirán fallos no detectados que monitorear.

Por lo tanto, **el tipo de categoría usado dependerá de la evaluación de riesgos y de la naturaleza y complejidad del dispositivo o sistema.** También es claro que cuando un sistema total cumple con los requisitos de la categoría 3 por ejemplo, puede incluir dispositivos en la categoría 1.

Si hay posibilidades de fallo, a mayor grado de riesgo, calculado en el cálculo de riesgos, mayor la justificación para instalar medidas a fin de evitarlos o detectarlos. Debe seleccionarse el tipo de categoría para obtener el método más apropiado y eficiente de hacerlo. Recuerde, el cálculo de riesgos es un factor, pero también debe considerarse la naturaleza del dispositivo o sistema protector y las características de operación de la máquina.

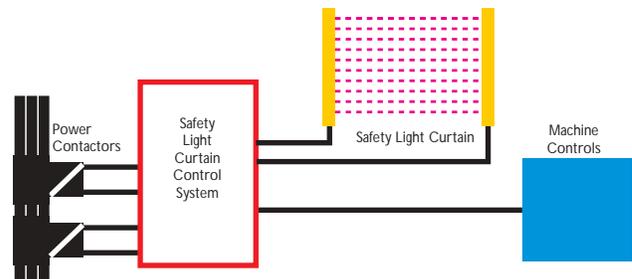


Figura 35



La Figura 35 muestra el mismo circuito básico, pero el interruptor de enclavamiento es reemplazado por una cortina de luz de seguridad.

La cortina de luz de seguridad es un dispositivo complejo. Aún en su forma más simple, tendrá un número relativamente grande de componentes, incluyendo los circuitos integrados. Los tipos más sofisticados (con más funciones) pueden también depender de dispositivos y software programable.

Anticipar y eliminar todos los fallos peligrosos en un dispositivo electrónico pero no programable sería una tarea enorme y con un dispositivo programable sería prácticamente imposible. Por lo tanto debemos aceptar que los fallos serán posibles y que la mejor respuesta es detectarlos y asegurar que se tome la acción de protección necesaria (por ej., bloqueo con paso a un estado de seguridad). Entonces, necesitaríamos un dispositivo que satisfaga los requisitos de la categoría 2, 3 ó 4. Con un circuito simple, tal como en la Figura 35, la cortina de luz de seguridad también monitoreará el cableado y los contactores. Puesto que las cortinas de luz son relativamente complejas, la opción de categorías generalmente dependerá únicamente de los resultados de la evaluación de riesgos. Esto no excluye el factor de que puede ser posible trabajar para satisfacer una categoría diferente si un dispositivo utiliza un método no convencional pero que puede comprobarse.

Podemos ver a partir de los últimos dos ejemplos que el **mismo** grado de protección es proporcionado por dos tipos de sistemas que usan dispositivos que satisfacen **diferentes** categorías.

Otras consideraciones y ejemplos

Esta sección proporciona ejemplos de circuitos de control de seguridad en referencia a prácticas recomendadas y las categorías de sistemas de control de seguridad, donde corresponde.

Requisitos generales

El sistema debe ser capaz de resistir las influencias esperadas. Estas incluirán temperatura, ambiente, carga de alimentación, frecuencia de uso, interferencia llevada por el aire, vibración, etc. El Estándar IEC 60204-1 "Seguridad de maquinaria—Equipo eléctrico de máquinas—Especificación para requisitos generales" proporciona pautas detalladas respecto a protección contra choque eléctrico, prácticas de cableado, aislamiento, unión de potencial de equipos, equipos, fuentes de alimentación, circuitos y funciones de control, etc. Conocer este estándar es esencial para las personas dedicadas al diseño y mantenimiento de sistemas de control relacionados a la seguridad.

Circuitos y unidades de relé de seguridad para monitoreo

Los siguientes ejemplos se basan en el uso de un interruptor de enclavamiento de control, pero el mismo principio puede aplicarse a otros dispositivos de conmutación (por ej., dispositivos de paro de emergencia o de disparo).

Categoría 1

La Figura 36 muestra un circuito simple de control de seguridad. El dispositivo de enclavamiento tiene operación de modo positivo y satisface los requisitos de la categoría 1. El contactor está correctamente seleccionado para su servicio y está diseñado y

fabricado según estándares específicos. La parte del sistema más propensa a fallo es el cableado de conexión. Para superar esto, el cableado debe instalarse de acuerdo con las cláusulas pertinentes de IEC 60204-1. Debe encaminarse y protegerse a fin de evitar cortocircuitos y fallos de tierra previsibles. Este sistema satisface los requisitos de la categoría 1.

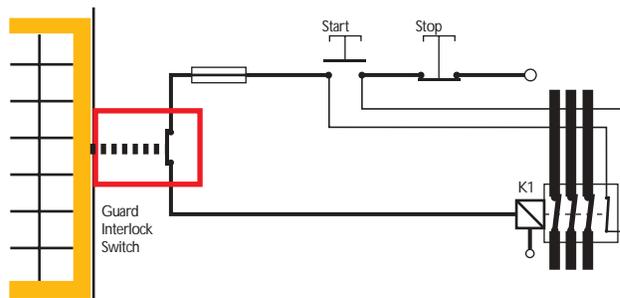


Figura 36

La Figura 37 muestra un circuito un poco más complejo. En este caso se requiere que un dispositivo de enclavamiento controle más de un contactor, cada uno en un circuito de alimentación diferente. Debe darse la misma consideración a sus componentes.

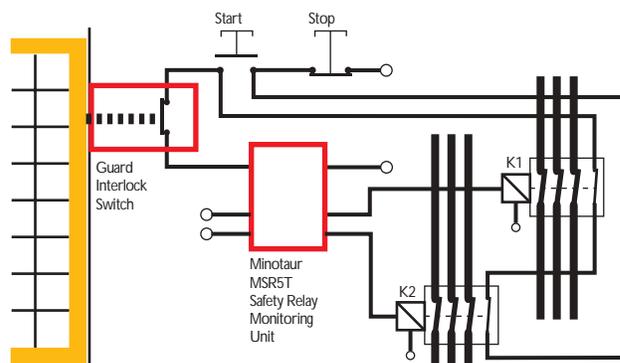


Figura 37

Con un circuito que no requiere seguridad puede usarse un relé ordinario para "dividir" la señal, pero cuando la seguridad es crítica, esto definitivamente no sería aceptable ya que éstos algunas veces se pegan. Por lo tanto, se usa una unidad de relé de seguridad para monitoreo tal como el Guardmaster MINOTAUR MSR5T para proporcionar una acción de conmutación asegurada. Este sistema satisface los requisitos de la categoría 1.

Categoría 2

La Figura 38 muestra un sistema que satisface los requisitos de la categoría 2 y por lo tanto la función de seguridad debe someterse a prueba antes de poner en marcha la máquina. También debe probarse periódicamente. Al momento del encendido inicial, el Minotaur no permitirá la conmutación de alimentación eléctrica a la unidad del contactor hasta que la guarda haya sido abierta y cerrada. Esto inicia una verificación de cualquier fallo en el circuito desde el interruptor hasta el Minotaur. Sólo cuando esta verificación sea satisfactoria se activará el contactor. En cada operación subsiguiente de la guarda, el circuito se verificará de manera similar.



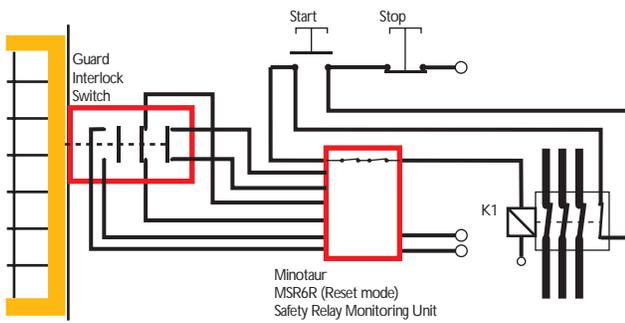


Figura 38

Categoría 3

La Figura 39 muestra un sistema que satisface los requisitos de la categoría 3 y generalmente es apropiado para aplicaciones con cálculos de riesgos más altos. Es un sistema de dos canales totalmente monitoreado, incluyendo los dos contactores. Al abrir y cerrar la guardia, cualquier fallo peligroso causará que el Minotaur bloquee la alimentación eléctrica a los contactores hasta que se corrija el fallo y se restablezca el Minotaur.

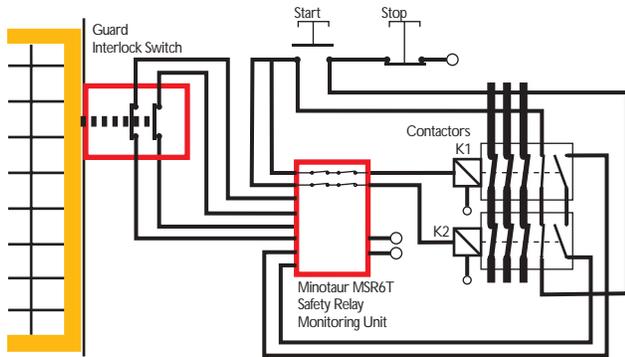


Figura 39

Categoría 4

La categoría 4 requiere que se proporcione la función del sistema de seguridad aun con una acumulación de fallos no detectados. La manera más práctica de lograr esto es emplear técnicas de monitoreo continuas o de alta frecuencia. Esto no es factible con la mayoría de componentes mecánicos o electromecánicos (por ej., interruptores mecánicos, relés, contactores), tales como aquellos usados en el enclavamiento y sistemas de paro de emergencia.

Estas técnicas son viables (y generalmente usadas) para monitorear componentes electrónicos de estado sólido porque un cambio de estado de alta frecuencia es posible y no degrada substancialmente la vida útil del componente. Por lo tanto, el método de la categoría cuatro generalmente se encuentra en “subsistemas” autónomos, tales como cortinas de luz.

P.E.S. (sistemas electrónicos programables)

En los circuitos de seguridad mostrados anteriormente, el dispositivo de protección está conectado directamente al (a los) contactor(es) usando sólo cableado y dispositivos electromecánicos monitoreados de manera simple o total. Este es el método de cableado recomendado. Su simplicidad significa que es confiable y relativamente fácil de monitorear. Cada vez más el control operativo

normal de las maquinarias está siendo manejado por equipos programables. Con los avances tecnológicos, los sistemas de control electrónico programables y complejos pueden considerarse el sistema nervioso central de muchas máquinas. Lo que pasa en el sistema de control afectará la acción de la máquina y viceversa, lo que le pase a la acción de la máquina afectará al sistema de control. El detener una de estas máquinas mediante una fuente diferente a su sistema de control puede resultar en daño grave a la herramienta y a la máquina, así como en pérdida o daño del programa. También es posible que al reiniciarse la máquina, esta pueda comportarse de manera impredecible debido a la alteración de su secuencia de comandos de control.

Desafortunadamente, debido a su complejidad, la mayoría de sistemas electrónicos programables tienen demasiados modos de fallo para permitir su uso como manera única de parar la máquina mediante comando proveniente de un enclavamiento de puerta de guardia o botón de paro de emergencia.

En otras palabras, podemos pararlo sin causar daño a la máquina O BIEN pararlo DE MANERA SEGURA— PERO NO AMBOS. A continuación se ofrecen tres soluciones:

1. Sistemas programables con fines de seguridad

Teóricamente es posible diseñar un sistema programable que tenga un nivel de integridad de seguridad suficientemente alto para uso con fines de seguridad. En la práctica, esto se logrará usando medidas especiales tales como duplicación y diversidad con monitoreo cruzado. En algunas situaciones esto es posible, pero es importante tener en cuenta que estas medidas especiales deben aplicarse a todos los aspectos, incluyendo la escritura del software.

La pregunta básica es, ¿puede usted probar que no habrán (o habrán significativamente menos) errores? Un análisis del modo fallo total para equipo programable relativamente simple puede ser, en el mejor de los casos, excesivamente costoso y requerir demasiado tiempo, y en el peor de los casos, imposible de realizar.

El estándar IEC 61508 trata este tema en detalle y su lectura se recomienda para personas interesadas en sistemas programables con fines de seguridad.

El costo de desarrollo de estos sistemas se justifica en aplicaciones donde éstos ofrecen grandes ventajas o donde ningún otro método funcionaría.

2. Unidad de monitoreo con comando de anulación con retardo de tiempo (vea la Figura 40). Este sistema tiene el alto nivel de integridad del cableado y también permite una desactivación en correcta secuencia, lo cual protege la máquina y el programa.

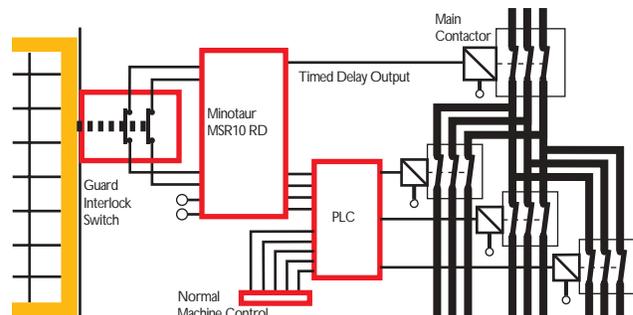


Figura 40



La salidas primarias Guardmaster MINOTAUR MSR10RD se conectan a las entradas en el dispositivo programable (por ej., P.L.C.) y las salidas con retardo se conectan al contactor. Cuando el interruptor de enclavamiento de guarda se activa, las salidas primarias en el Minotaur conmutan inmediatamente. Estas indican al sistema programable que realice un paro con la secuencia correcta. Después que transcurre el tiempo suficiente para permitir este proceso, la salida retardada en el Minotaur conmuta y aísla el contactor principal.

La familia de productos Guardmaster puede usarse con diversos dispositivos protectores y está disponible con otras configuraciones y arreglos de conmutación para satisfacer los requisitos de sistemas particulares.

Nota: Cualquier cálculo para determinar el tiempo total de paro debe tener en cuenta el período de retardo de la salida del Minotaur. Esto es especialmente importante cuando se usa este factor para determinar la posición de los dispositivos según el estándar EN 999.

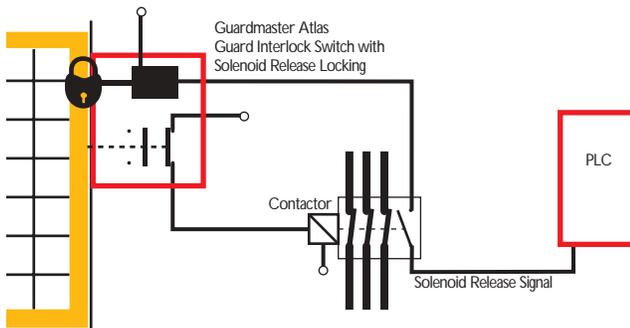


Figura 41

- Dispositivos con bloqueo de guarda controlados por sistema programable (vea la Figura 41). Este sistema nuevamente proporciona el alto nivel de integridad del cableado combinado con la capacidad de proporcionar una desactivación en la secuencia correcta, pero sólo es aplicable donde la fuente de peligro está protegida por una guarda.

Para permitir la abertura de la puerta de la guarda, el solenoide Guardmaster ATLAS debe recibir una señal de desbloqueo del P.L.C. Esta señal sólo se dará después que se haya completado una secuencia de comando de paro. Esto asegura que no ocurra daño a la herramienta o pérdida del programa. Cuando se activa el solenoide, la puerta puede abrirse, lo cual causa que los contactos del circuito de control del ATLAS aíslen el contactor de la máquina.

A fin de evitar señales de liberación falsas o de descarga de la máquina, quizás sea necesario usar una unidad con retardo de tiempo Guardmaster CU1 o un detector de movimiento detenido CU2 junto con el P.L.C. (En esta aplicación pueden usarse interruptores Guardmaster Atlas o TLS-GD2)

Otras consideraciones

Reinicio de la máquina

Si por ejemplo, se abre una guarda enclavada en una máquina en operación, el interruptor de enclavamiento de seguridad detendrá la máquina. En la mayoría de casos es imperativo que la máquina no se reinicie inmediatamente cuando se cierra la guarda. Una manera común de lograr esto es usar una configuración con arranque de contactor de enclavamiento, tal como se muestra en la Figura 42. Aquí se usa una puerta de guarda enclavada como ejemplo, pero los requisitos se aplican a otros dispositivos de protección y sistemas de paro de emergencia.

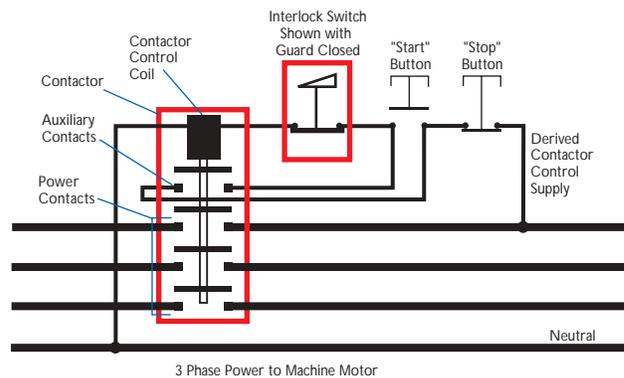


Figura 42

El presionar y soltar el botón de inicio momentáneamente activa la bobina de control del contactor, lo cual cierra los contactos de alimentación eléctrica. Siempre que la alimentación fluya a través de los contactos de alimentación, la bobina de control se mantiene activada (enclavada eléctricamente) mediante los contactos auxiliares del contactor, los cuales están mecánicamente vinculados a los contactos de alimentación. Una interrupción de la alimentación principal o del suministro del control resultará en la desactivación de la bobina y en la abertura de los contactos auxiliares y la alimentación principal. El enclavamiento de guarda está cableado al circuito de control del contactor. Esto significa que el reinicio puede lograrse sólo cerrando la guarda y luego realizando un encendido con el botón de inicio normal, lo cual restablece el contactor y arranca la máquina.

Los requisitos para situaciones de enclavamiento normales se clarifican en ISO 12100-1 Párrafo 3.22.4 (extracto)

Cuando la guarda se cierra, pueden operar las funciones peligrosas de la máquina cubiertas por la guarda, pero el cierre de la guarda no inicia por sí solo su operación.

Muchas máquinas ya tienen contactores simples o dobles que funcionan como se describe anteriormente (o tienen un sistema que logra el mismo resultado). Cuando se acopla un enclavamiento a una maquinaria existente, es importante determinar si la configuración de control de alimentación eléctrica cumple con estos requisitos y tomar las medidas adicionales necesarias.



Funciones de restablecimiento

Los relés de seguridad Minotaur están diseñados con restablecimiento manual monitoreado o restablecimiento automático/manual.

Restablecimiento manual monitoreado

Un **restablecimiento manual monitoreado** requiere el cierre y apertura de un circuito después que la compuerta se cierra o se restablece el paro de emergencia. La Figura 43 muestra una configuración típica de un interruptor de restablecimiento conectado en el circuito de monitoreo de salida de un MSR6R/T. Los contactos auxiliares normalmente cerrados vinculados mecánicamente de los contactores de conmutación de alimentación están conectados en serie con un botón pulsador momentáneo. Después que la guarda se abra y se cierre nuevamente, el Minotaur no permitirá que se reinicie la máquina hasta que se presione y se suelte el botón de restablecimiento. Cuando esto sucede, el Minotaur verifica (es decir, monitorea) que ambos contactores estén desactivados y que ambos circuitos de enclavamiento (y por lo tanto la guarda) estén cerrados. Si estas verificaciones son satisfactorias, la máquina puede reiniciarse desde los controles normales.

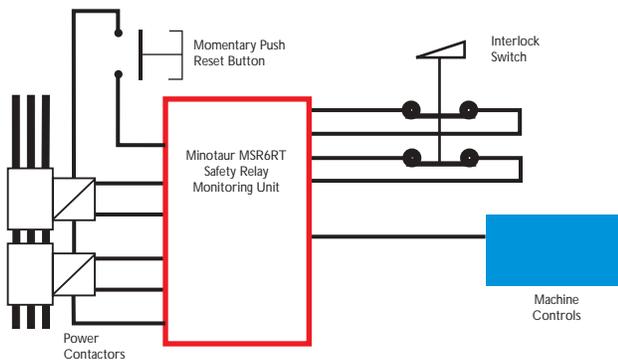


Figura 43

El interruptor de restablecimiento debe ubicarse en un lugar que proporcione una buena visibilidad de la fuente de peligro, de manera que el operador pueda verificar que el área esté despejada antes de la operación.

Restablecimiento automático/manual

Algunos relés de seguridad Minotaur tienen **restablecimiento automático/manual**. En este caso, la línea de restablecimiento puede conectarse en puente, permitiendo así un restablecimiento automático. Entonces el usuario debe proporcionar otro mecanismo para impedir el inicio de la máquina cuando se cierre la compuerta. Alternativamente, el usuario puede usar el circuito mostrado en la Figura 43, pero el Minotaur no podrá detectar un interruptor de restablecimiento en cortocircuito ni un contacto auxiliar en cortocircuito en el contactor.

Un **dispositivo de restablecimiento automático** no requiere una acción de conmutación manual, pero después de la desactivación, siempre conducirá una verificación de la integridad del sistema antes de restablecer el sistema. Un sistema de restablecimiento automático no

debe confundirse con un dispositivo sin capacidad de restablecimiento. En este último, el sistema de seguridad se habilitará inmediatamente después de la desactivación, pero no habrá una verificación de la integridad del sistema.

Guardas de control

Una guarda de control detiene el funcionamiento de la máquina cuando se abre la guarda e inicia directamente el funcionamiento nuevamente cuando se cierra la guarda.

El uso de guardas de control sólo se permite bajo estrictas condiciones ya que cualquier inicio inesperado o incapacidad de parar puede ser extremadamente peligroso. El sistema de enclavamiento debe tener la más alta confiabilidad posible (a menudo se aconseja usar enclavamiento de guarda).

El uso de guardas de control SÓLO se puede considerar en maquinaria donde NO EXISTE LA POSIBILIDAD de que un operador o parte de su cuerpo permanezca, o entre en la zona de peligro mientras la guarda está cerrada.

La guarda de control debe ser el único acceso al área de peligro.

Otras consideraciones

Impedancia de entrada

La impedancia de entrada de los relés de seguridad de monitoreo determina cuántos dispositivos de entrada pueden conectarse al relé y qué tan lejos pueden montarse los dispositivos de entrada. Por ejemplo, el Minotaur MSR6R/T tiene una impedancia de entrada permitida máxima de 500 ohms (Ω). Cuando la impedancia de entrada es mayor que 500 Ω , el MSR6R/T no activa sus salidas. El usuario debe tener cuidado para asegurarse de que la impedancia de entrada permanezca debajo de la especificación máxima.

La longitud, tamaño y tipo de cable usado afecta la impedancia de entrada. La Tabla 2 muestra la resistencia típica del cable de cobre recocido a 25 °C.

Sección transversal ISO, mm ²	Calibre AWG	Ω por 1000 m	Ω por 1000 pies
0,5	20	33.30	10.15
0,75	18	20.95	6.385
1,5	16	13.18	4.016
2,5	14	8.28	2.525
4	12	5.21	1.588

Tabla 2



Designación	Utilización	Corriente térmica incluida	Corriente de operación nominal I_e a voltaje de operación nominal U_e						VA	
			120 V	240 V	380 V	480 V	500 V	600 V	Cierre	Apertura
A150	AC-15	10	6	–	–	–	–	–	7200	720
A300	AC-15	10	6	3	–	–	–	–	7200	720
A600	AC-15	10	6	3	1.9	1.5	1.4	1.2	7200	720
B150	AC-15	5	3	–	–	–	–	–	3600	360
B300	AC-15	5	3	1.5	–	–	–	–	3600	360
B600	AC-15	5	3	1.5	0.95	0.92	0.75	0.6	3600	360
C150	AC-15	2.5	1.5	–	–	–	–	–	1800	180
C300	AC-15	2.5	1.5	0.75	–	–	–	–	1800	180
C600	AC-15	2.5	1.5	0.75	0.47	0.375	0.35	0.3	1800	180
D150	AC-14	1.0	0.6	–	–	–	–	–	432	72
D300	AC-14	1.0	0.6	0.3	–	–	–	–	432	72
E150	AC-14	0.5	0.3	–	–	–	–	–	216	36
Corriente continua			125 V	250 V		400 V	500 V	600 V		
N150	DC-13	10	2.2	–	–	–	–	–	275	275
N300	DC-13	10	2.2	1.1	–	–	–	–	275	275
N600	DC-13	10	2.2	1.1	–	0.63	0.55	0.4	275	275
P150	DC-13	5	1.1	–	–	–	–	–	138	138
P300	DC-13	5	1.1	0.55	–	–	–	–	138	138
P600	DC-13	5	1.1	0.55	–	0.31	0.27	0.2	138	138
Q150	DC-13	2.5	0.55	–	–	–	–	–	69	69
Q300	DC-13	2.5	0.55	0.27	–	–	–	–	69	69
Q600	DC-13	2.5	0.55	0.27	–	0.15	0.13	0.1	69	69
R150	DC-13	1.0	0.22	–	–	–	–	–	28	28
R300	DC-13	1.0	0.22	0.1	–	–	–	–	28	28

Tabla 3

Número de dispositivos de entrada

El proceso de evaluación de riesgos debe usarse para ayudar a determinar cuántos dispositivos de entrada deben conectarse a una unidad de relé de seguridad de monitoreo (MSRU) y con qué frecuencia deben verificarse los dispositivos de entrada. Para asegurar que los dispositivos de paro de emergencia y los enclavamientos de compuerta estén en estado operativo, su funcionamiento debe verificarse a intervalos regulares, según lo determinado por la evaluación de riesgos.

Por ejemplo, un MSRU de entrada de dos canales conectado a una compuerta enclavada que debe abrirse en cada ciclo de la máquina (por ej., varias veces al día) quizás no necesite verificarse. Esto se debe a que la apertura de la guarda hace que el MSRU se autoverifique, así como sus entradas y sus salidas (dependiendo de la configuración) para determinar si tiene fallos individuales. A mayor frecuencia de apertura de la guarda, mayor integridad del proceso de verificación.

Otro ejemplo pueden ser los dispositivos de paro de emergencia. Puesto que los dispositivos de paro de emergencia normalmente sólo se usan para emergencias, éstos generalmente se usan muy poco. Por lo tanto, un programa debe establecerse para ejecutar los

paros de emergencia y confirmar su efectividad según un cronograma especificado.

Un tercer ejemplo puede ser el acceso a puertas para ajustes de la máquina, los cuales, al igual que los dispositivos de paro de emergencia, quizás se usen con poca frecuencia. En este caso, también debe establecerse un programa para ejecutar los paros de emergencia según un cronograma especificado.

La evaluación de riesgos ayudará a determinar si los dispositivos de entrada necesitan verificarse y con qué frecuencia. A mayor nivel de riesgo, mayor integridad requerida del proceso de verificación. Y mientras menos frecuente sea la verificación “automática”, más frecuente deberá ser la verificación “manual” impuesta.

Especificaciones de salida

Las especificaciones de salida describen la capacidad del dispositivo de protección de conmutar las cargas. Normalmente, las especificaciones de los dispositivos industriales se describen como resistivas o electromagnéticas. Una carga resistiva puede ser un elemento calefactor. Las cargas electromagnéticas generalmente son relés, contactores o solenoides; donde existe una alta característica inductiva de la carga. El Anexo A del estándar IEC 60947-5-1, mostrado en la Tabla 3, describe las capacidades nominales de las cargas.



Principios de seguridad

Guardas de control

Letra de designación: La designación es una letra seguida por un número, por ejemplo A300.

A 300

La letra se refiere a la corriente térmica convencional incluida y si dicha corriente es directa o alterna. Por ejemplo A representa 10 amps. de corriente alterna. Los números se refieren al voltaje de aislamiento nominal. Por ejemplo, 300 representa 300 V.

Utilización: La utilización describe los tipos de cargas que el dispositivo está designado para conmutar. Las tres utilizaciones relevantes a IEC 947-5 se muestran en la Tabla 4.

Utilización	Descripción de la carga
AC-12	Control de cargas resistivas y cargas de estado sólido con aislamiento por acopladores ópticos
AC-13	Control de cargas de estado sólido con aislamiento de transformador
AC-14	Control cargas electromagnéticas pequeñas (menores que 72 VA)
AC-15	Cargas electromagnéticas mayores que 72 VA
DC-12	Control de cargas resistivas y cargas de estado sólido con aislamiento por acopladores ópticos
DC-13	Control de cargas electromagnéticas
DC-14	Control de cargas electromagnéticas que tienen resistencias económicas en el circuito

Tabla 4

Corriente térmica, I_{th} : La corriente térmica incluida convencional es el valor de corriente usado para las pruebas de subida de temperatura del equipo cuando está montado en un envolvente especificado.

Voltaje U_e y corriente I_e de operación nominal: El voltaje y la corriente de operación nominal especifican las capacidades de cierre y apertura de los elementos de conmutación bajo condiciones de operación normal.

La capacidad nominal de los productos Guardmaster de Allen-Bradley es 125 VCA, 250 VCA y 24 VCC. Consulte con la fábrica para obtener información sobre uso a voltajes diferentes a estas capacidades nominales especificadas.

VA: Las especificaciones de VA (Voltaje x Amperios) indican las especificaciones de los elementos de conmutación cuando se cierra el circuito y cuando se abre el circuito.

Ejemplo 1: Una capacidad nominal de A150, CA-15 indica que los contactos pueden cerrar un circuito de 7200 VA. A 120 VCA, los contactos pueden cerrar un circuito de entrada al momento del arranque de 60 amp. Puesto que CA-15 es una carga electromagnética, los 60 amp tienen una corta duración; la corriente de entrada al momento del arranque de la carga electromagnética. La apertura del circuito es sólo 720 VA porque la corriente de estado listo de la carga electromagnética es 6 A, que es la corriente de operación nominal.

Ejemplo 2: Una capacidad nominal de N150, CC-13 indica que los contactos pueden cerrar un circuito de 275 VA. A 125 VCA, los contactos pueden cerrar un circuito de 2.2 amp. Las cargas electromagnéticas de CC no tienen una corriente de entrada al momento del arranque como las cargas electromagnéticas de CA. La apertura del circuito también es 275 VA porque la corriente de estado listo de la carga electromagnética es 2.2, que es la corriente de operación nominal.

Principios y dispositivos de enclavamiento

Uno de los tipos más importantes de dispositivos protectores es un interruptor de enclavamiento de seguridad que enclava una puerta de guarda con el suministro de energía de la fuente de peligro.

Cuando la puerta de la guarda se abre, la alimentación eléctrica se aísla, asegurando así que la máquina está segura cuando el operador requiere acceso.

Hay muchas variaciones de interruptores de enclavamiento, cada uno con sus propias características.

Es importante asegurar que el tipo de dispositivo seleccionado sea el correcto para su aplicación. Posteriormente en este capítulo examinaremos una serie de decisiones lógicas que conducen a la selección precisa del dispositivo a usar. Primero, familiaricémonos con algunas de las características y requisitos generales que hacen que los dispositivos sean apropiados para aplicaciones de enclavamiento.

Estándares

El estándar ISO 14119: "Los dispositivos de enclavamiento asociados con guardas" proporcionan pautas y están diseñados para su uso en conjunto con los estándares IEC 60947-5-1 para interruptores electromecánicos y un estándar equivalente para interruptores magnéticos y de proximidad (IEC 60947-5-3).

Confiabilidad

Un interruptor de enclavamiento debe funcionar de manera confiable en condiciones extremas y de tratamiento brusco. El mecanismo de operación debe ser lo más simple posible y todos los materiales usados en su fabricación deben ser de la más alta calidad. El diseño debe asegurar que el desgaste del componente se mantendrá al mínimo. El mecanismo debe estar dentro de un envolvente cerrado resistente.

Seguridad

La seguridad de un interruptor de enclavamiento depende de su capacidad de resistir intentos de cambiar el mecanismo. Un interruptor de enclavamiento debe estar diseñado de manera que no pueda cambiarse fácilmente su mecanismo.

En algunas circunstancias, el personal puede verse tentado de suprimir el interruptor de alguna manera. La información respecto al uso de la máquina, recolectada en la etapa de evaluación de riesgos, ayudará a decidir cuál es la posibilidad de que esto suceda. Entonces, cuanto más posibilidad haya de que esto suceda, más difícil deberá ser la supresión del interruptor o sistema. El nivel de riesgo calculado también debe ser un factor en esta etapa. Hay interruptores disponibles con varios niveles de seguridad, desde resistencia a manipulación impulsiva, hasta imposibilidad virtual de cambio del mecanismo.

Debe anotarse en esta etapa que si se requiere un alto grado de seguridad, algunas veces es más práctico lograrlo mediante la forma de montaje.



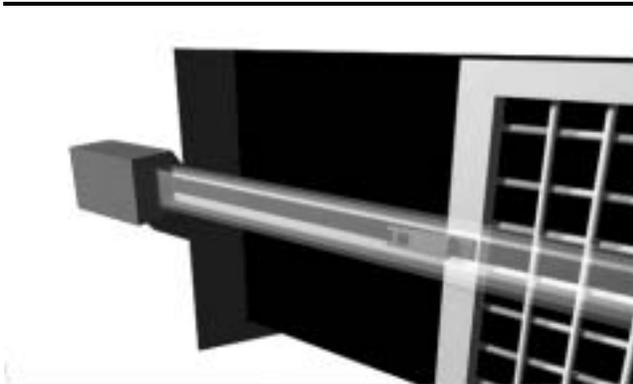


Figura 44

Por ejemplo, si el interruptor se monta como en la *Figura 44* con un carril de cobertura, no habrá acceso al interruptor con la puerta de la guarda abierta. La naturaleza de cualquier medida de prevención contra el cambio tomada en la etapa de equipamiento dependerá del principio de operación del interruptor.

Modo de operación positivo (llamado también abertura directa)

ISO TR 12100-2 explica que si un componente mecánico móvil inevitablemente mueve otro componente, ya sea por contacto directo o mediante elementos rígidos, se dice que estos componentes están conectados en el modo positivo.

Con interruptores de enclavamiento mecánicos simples, cuando la guarda se abre, el movimiento de la guarda debe conectarse en el modo positivo a los contactos de seguridad del interruptor. Esto asegura que los contactos se separen físicamente o se “desconecten por fuerza” debido al movimiento de la guarda.

El interruptor NO debe depender únicamente de la presión del resorte para abrir los contactos, ya que la fuerza ejercida quizás no sea suficiente en el caso de contactos adheridos o soldados. También existe la posibilidad de peligro si el interruptor falla por rotura del resorte y no hay otra manera de abrir los contactos.

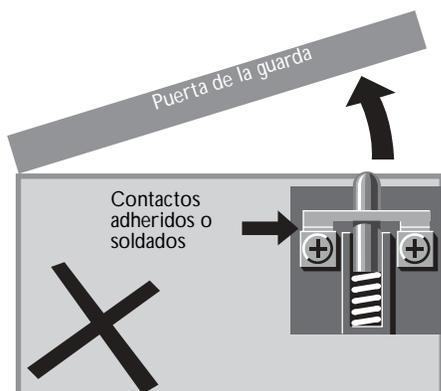


Figura 45

La *Figura 45* muestra un sistema operativo en modo negativo (o no positivo) típico. No existe un vínculo directo entre la puerta de la guarda y los contactos de seguridad, de manera que el sistema depende completamente de la presión del resorte para abrir los

contactos. En el caso de fallo del resorte, contactos soldados o adheridos, el sistema fallará, produciendo una situación de peligro y por lo tanto es inaceptable. Este tipo de sistema puede desactivarse fácilmente empujando el pistón mientras la guarda está abierta. Peor aún, el interruptor puede ser disparado accidentalmente por un operador que se apoye sobre la máquina, o entre a ésta, mientras la guarda está abierta.

Nota: Puede ser aceptable en algunas aplicaciones usar un interruptor operativo en modo negativo junto con un dispositivo en modo positivo.

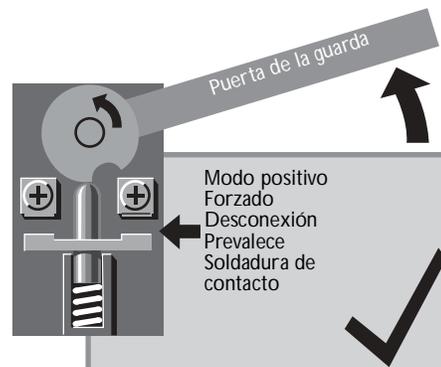


Figura 46

La *Figura 46* muestra un ejemplo simple de operación en modo positivo que ofrece desconexión forzada de los contactos. Una leva se monta sobre la bisagra de la puerta de manera que haga funcionar directamente los contactos cada vez que se abre la puerta de la guarda. La presión del resorte sólo puede cerrar los contactos cuando la guarda está completamente cerrada. Una rotura del resorte sólo resultará en un fallo y el retorno a una condición de seguridad.

Envolvente

El principio de operación de modo positivo mostrado en la *Figura 46* se usa cada vez que es pertinente en los interruptores de enclavamiento Guardmaster. Estos también evitan un posible abuso mediante la instalación del bloque de contactos y la leva en un envolvente resistente y seguro. Esto significa que la leva y el bloque de contactos no pueden separarse y es imposible cambiar el mecanismo del interruptor cortando otra ranura en la leva. El principio es adaptado más aún para interruptores de enclavamiento con operación de lengüeta tal como se muestra en la *Figura 47*. Estos dispositivos son ampliamente usados y se incorporan fácilmente en el borde de abertura de la guarda y pueden usarse en puertas de guardas deslizantes, con bisagra y extraíbles. La lengüeta de activación se monta sobre la puerta de la guarda y la abertura de la guarda hace que la lengüeta fuerce la desconexión de los contactos. El mecanismo del interruptor está montado en un envolvente y el principio de activación de la lengüeta está diseñado para resistir la manipulación indebida.



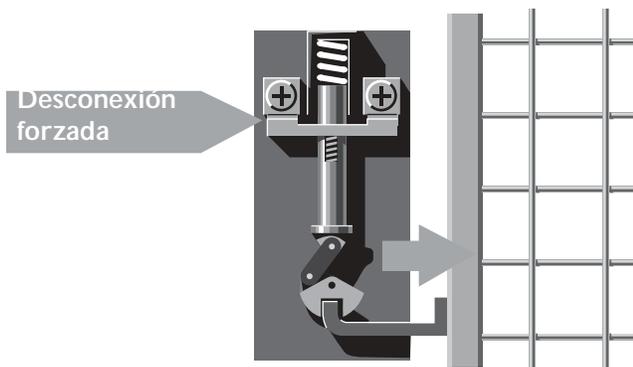


Figura 47

Idoneidad

Como mínimo, todos los diseños y materiales deben ser capaces de resistir las tensiones de operación y las influencias externas.

Otros principios de seguridad

En el caso de dispositivos no mecánicos, no hay contacto físico (en condiciones normales) entre el interruptor y el accionador. Por lo tanto, no puede usarse el modo de operación positivo como manera de asegurar la acción de conmutación y se necesita usar otros métodos, según se indica a continuación.

Modo orientado a fallo

Con dispositivos simples podemos usar componentes con modo orientado a fallo, según se explica en ISO TR 12100-2. Esto significa usar componentes en los que el modo de fallo predominante se conoce con anticipación y siempre es el mismo. El dispositivo se diseña de manera que cualquier cosa que pueda causar un fallo también hará que el dispositivo se desactive.

Un ejemplo de un dispositivo que usa esta técnica es el interruptor de enclavamiento accionado magnéticamente sin contactos Guardmaster FERROGARD. Los contactos se conectan con un dispositivo interno de protección contra sobrecorriente que no puede restablecerse. Una situación de sobrecorriente en el circuito conmutado resultará en un circuito abierto

en el dispositivo protector diseñado para funcionar a una corriente muy por debajo de lo que pondría en peligro los contactos de seguridad.

Duplicación (llamada también redundancia)

Si en el diseño se usan componentes que no son inherentemente seguros y éstos son críticos para la función de seguridad, entonces puede proporcionarse un nivel aceptable de seguridad mediante la duplicación de esos componentes o sistemas. En caso de fallo de un componente, el otro puede realizar la función. Generalmente es necesario proporcionar monitoreo para detectar el primer fallo a fin de que, por ejemplo, un sistema de dos canales no se degrade a un solo canal sin que alguien se haya percatado de ello. Debe prestarse atención a los fallos por causas comunes.

Debe haber protección contra cualquier fallo que cause que todos los componentes (o canales) duplicados fallen simultáneamente. Las medidas apropiadas pueden incluir usar diversas tecnologías para cada canal o asegurar un modo orientado a fallo.

Aislamiento galvánico

La Figura 48 muestra bloques de contactos con dos conjuntos de contactos. Se requiere una barrera de aislamiento galvánico si es posible que los contactos entren en contacto uno con otro consecutivamente en el caso de soldadura o adherencia de contactos.

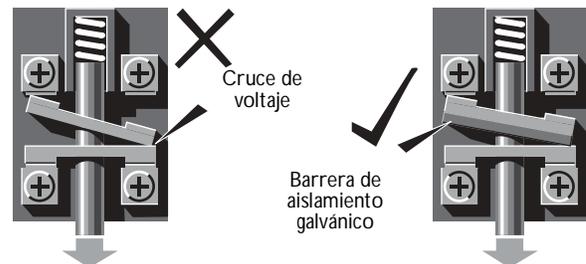


Figura 48

Formas de dispositivos de enclavamiento típicos

En términos generales, hay dos tipos básicos de sistemas de enclavamiento eléctrico, cuyas características se muestran en la Figura 49.



Figura 49

Enclavamiento de alimentación eléctrica: El suministro de energía de la fuente de peligro se interrumpe directamente debido a la apertura de la guarda.

Enclavamiento de control: El suministro de energía de la fuente de peligro es interrumpido por la conmutación de un circuito que controla el dispositivo de conmutación de alimentación.

El siguiente texto describe el enclavamiento de las fuentes de alimentación eléctrica, ya que éste es el requisito más común, pero los mismos principios básicos pueden aplicarse a sistemas hidráulicos y neumáticos.

Enclavamiento de alimentación eléctrica

El movimiento de la guarda se enclava con la conmutación directa de la alimentación eléctrica de la fuente de peligro. Para equipos que usan bajo voltaje y alimentación eléctrica, se pueden usar para enclavamiento de la alimentación la mayoría de tipos de interruptores de enclavamiento. Pero puesto que la mayoría de maquinarias industriales usan un suministro trifásico de alimentación relativamente alta, necesitamos sistemas de enclavamiento de alimentación de diseño específico con un conmutador de interrupción de la alimentación capaz de manejar y abrir la carga de manera confiable.



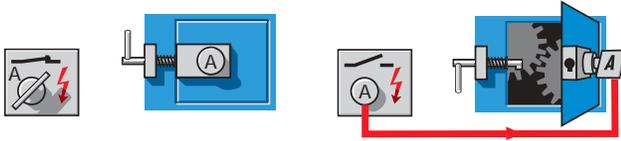


Figura 50

El método más práctico de enclavamiento de la alimentación es un sistema con atrapamiento de llave tal como el sistema PROSAFE (vea la Figura 50). El interruptor de aislamiento de la alimentación funciona mediante una llave que queda atrapada en su posición mientras el interruptor está en posición de activado. Cuando se gira la llave, los contactos del interruptor de aislamiento se enclavan en la posición abierta (aislando el suministro de alimentación eléctrica) y la llave puede retirarse.

La puerta de la guarda se enclava en posición cerrada y la única manera de desenclavarla es usando la llave del aislador. Cuando la llave se gira para liberar la unidad de bloqueo de la guarda, ésta queda atrapada en su posición y no puede retirarse hasta que la guarda se cierre y se bloquee nuevamente.

Por lo tanto, es imposible abrir la guarda sin aislar primero la fuente de alimentación eléctrica, y también es imposible conectar la alimentación eléctrica sin cerrar y bloquear la guarda.

Este tipo de sistema es sumamente confiable y tiene la ventaja de no requerir cableado eléctrico a la guarda. La principal desventaja es que debido a que se requiere la transferencia de la llave cada vez, no es apropiado si se requiere acceso frecuente a la guarda.

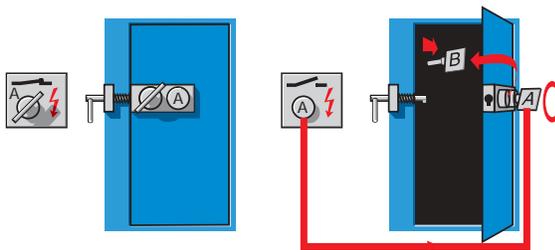


Figura 51

Cada vez que se requiera acceso del cuerpo completo, se recomienda el uso de una llave personal, tal como se muestra en la Figura 51. El rango del sistema PROSAFE está disponible en versiones de doble llave para requisitos de este tipo.

El uso de una llave personal asegura que el operador no podrá quedar bloqueado en el área protegida. La llave también puede usarse para interruptores de modo aprendizaje robóticos, controles de modo microavance, etc.

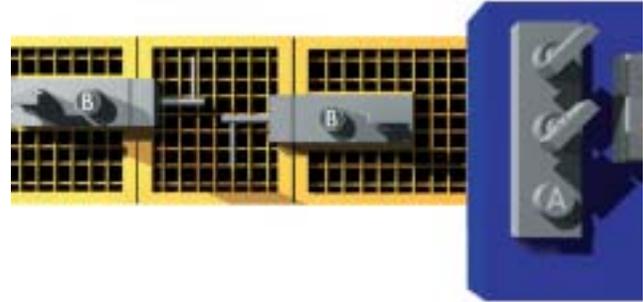


Figura 52

Gire la llave "A" y quítela del aislador de alimentación eléctrica. La alimentación eléctrica se desactiva. Para obtener acceso a través de las puertas de la guarda, la llave "A" se inserta y se gira en la unidad de intercambio de llave. Luego ambas llaves "B" se sueltan para proteger los enclavamientos. La llave "A" queda atrapada evitando que se active la alimentación eléctrica. Dos llaves "C" se sueltan de los enclavamientos de la puerta de la guarda para uso en el siguiente paso de la secuencia o como llaves personales (vea la Figura 53).



Figura 53

Las Figuras 54 y 55 muestran otros ejemplos de aplicaciones de enclavamiento mediante atrapamiento de llave; usando unidades de enclavamiento de doble llave y llaves con códigos diferentes junto con una unidad de intercambio de llave, es posible formar sistemas complejos. Además de asegurar el aislamiento de la alimentación eléctrica antes de obtener el acceso, también se puede usar el sistema para asegurar una secuencia de operación predefinida.

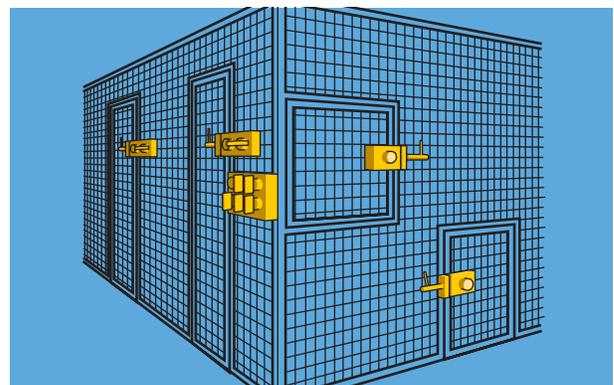


Figura 54



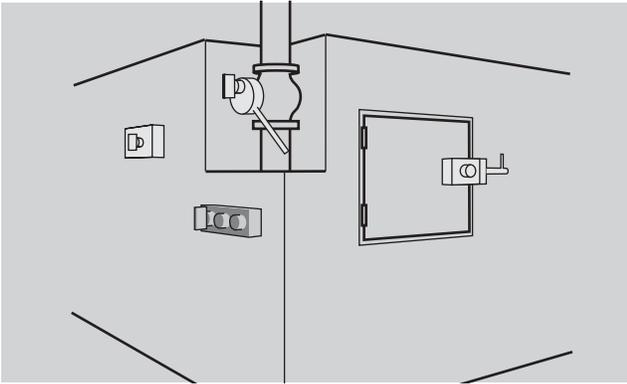


Figura 55

Características requeridas

Puesto que toda la seguridad de este tipo de sistema depende de su operación mecánica, es importante que los principios y materiales usados sean adecuados para las demandas esperadas.

Si un interruptor de aislamiento es parte del sistema, éste debe tener un modo de operación positivo y debe satisfacer los requisitos pertinentes de la norma IEC 60947.

La integridad y la seguridad del sistema se basan en el hecho de que en ciertas condiciones las llaves quedarán atrapadas en su lugar, por lo tanto deben asegurarse dos funciones básicas:

1. EL ENCLAVAMIENTO SÓLO PODRÁ FUNCIONAR MEDIANTE LA LLAVE DEDICADA.
Esto significa que no será posible cambiar el enclavamiento usando destornilladores, etc., ni cambiar el mecanismo mediante manipulación indebida. En los casos que haya más de un enclavamiento en el mismo lugar, esto significa que la especificación de los códigos de llave deberá evitar cualquier posibilidad de una operación falsa.
2. NO SERÁ POSIBLE OBTENER LA LLAVE DE NINGUNA OTRA MANERA QUE LA ESPECIFICADA.
Esto significa, por ejemplo, que una vez que la llave queda atrapada, cualquier fuerza excesiva aplicada sobre ésta resultará en la rotura de la llave y no en la rotura del enclavamiento.

Enclavamiento de control

El enclavamiento de control es el método de enclavamiento usado más comúnmente. Se acopla un interruptor de enclavamiento a la guarda para detectar el movimiento y abrir los contactos de conmutación cada vez que la guarda no está completamente cerrada. Los contactos se conectan a través de un circuito de control al elemento de control primario (contactor) de la fuente de peligro. Deben tenerse en cuenta las consideraciones del circuito de control.

Observe los diferentes tipos de dispositivos apropiados para enclavamiento de control que se ilustran en la Figura 49 (página 32).

La primera distinción importante es entre dispositivos con bloqueo de guarda y sin bloqueo de guarda.

Interruptores de enclavamiento sin bloqueo de guarda

Estos dispositivos no restringen el acceso y la puerta de la guarda puede abrirse en cualquier momento, pero tan pronto como se abre, el interruptor aísla la alimentación eléctrica a la fuente de peligro mediante el circuito de control de contactores. Si el peligro siempre se elimina inmediatamente y el operador no puede tocar las piezas mientras son peligrosas, entonces se cumplen los requisitos de seguridad.

SI EL PELIGRO NO SE ELIMINA INMEDIATAMENTE, existe la posibilidad de que un operador pueda tocarlo mientras está en “proceso de desactivación” y todavía es peligroso. Para evitar esta situación inaceptable hay tres alternativas:

1. Use un dispositivo de enclavamiento con bloqueo de guarda para evitar que se abra la guarda antes que se elimine el peligro. (Vea la Figura 56).

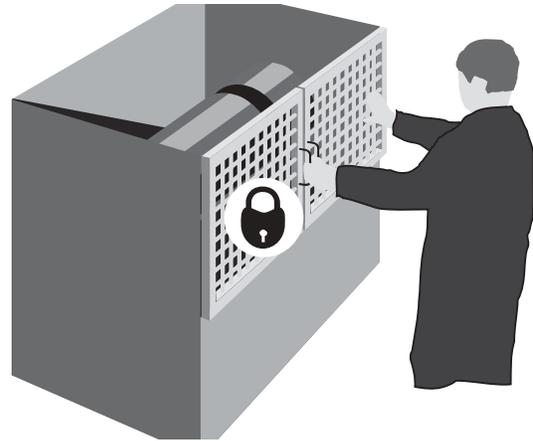


Figura 56

2. Instale alguna forma de dispositivo de freno para lograr un paro rápido. (Vea la Figura 57). **Nota:** La integridad del dispositivo de freno debe considerarse en términos de resistencia al fallo y características de desgaste.

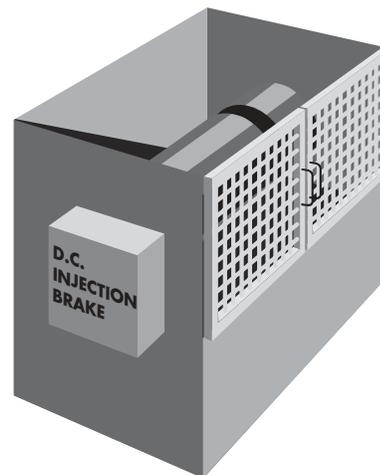


Figura 57

3. La distancia entre la fuente de peligro y la puerta de la guarda debe permitir que la eliminación del peligro sea más rápida que el tiempo que a un operador le tome entrar en contacto con la fuente de peligro. (Vea la Figura 58).



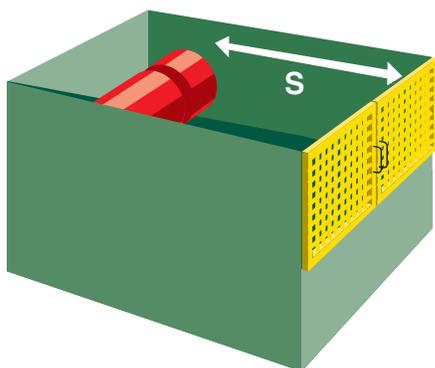


Figura 58

Si se requiere un cálculo preciso, el estándar EN 999 indica el posicionamiento del equipo protector con respecto a las velocidades de aproximación de partes del cuerpo humano. Actualmente no cubre específicamente puertas de guardas de enclavamiento, pero los principios para el posicionamiento de otros dispositivos de seguridad en base a velocidad de aproximación y tiempo de paro de la máquina pueden extrapolarse razonablemente para cubrir puertas de guardas enclavadas sin bloqueo de guarda. La siguiente fórmula de la norma EN 999 ofrecerá resultados confiables.

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

Donde:

S = La distancia mínima en mm desde la zona de peligro hasta el borde de abertura de la guarda.

K = 1600 (sugerido). Este parámetro se basa en datos de investigación que muestran que es razonable suponer una velocidad de aproximación por el operador de 1600 mm por segundo. Deben tenerse en cuenta las circunstancias de la aplicación real. Como pauta general, la velocidad de aproximación varía de 1600 a 2500 mm por segundo.

T = El tiempo total de paro del sistema, por ej., el tiempo total (segundos) desde la abertura de los contactos del interruptor de enclavamiento a la eliminación del peligro.

C = Una distancia adicional en milímetros basada en una posible intrusión hacia la zona de peligro. Esto dependerá de la posibilidad de pasar por arriba, alrededor, o a través de la guarda, antes que los contactos se abran. Por ejemplo, la estructura de la guarda puede permitir que un dedo, la mano o el brazo se extienda a través de la guarda. Los estándares EN 294 y EN 811 proporcionan más información sobre el cálculo de distancias de aproximación.

La siguiente sección sobre dispositivos de enclavamiento sin bloqueo de guarda es su designación como accionamiento mecánico o accionamiento sin contacto.

Dispositivos de accionamiento mecánico

Con estos dispositivos, la puerta de la guarda está vinculada mecánicamente a los contactos del circuito de control del interruptor mediante operación de modo positivo. Hay tres tipos principales de accionamiento mecánico.

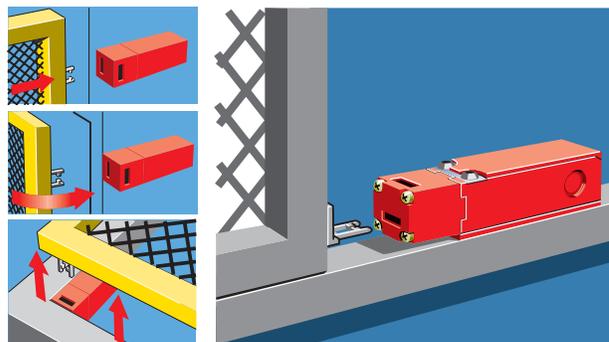


Figura 59

Éstos son:

Accionamiento mediante lengüeta

Con el interruptor Guardmaster Cadet mostrado en la Figura 59, la "lengüeta" del accionador montado en la guarda abre o cierra los contactos a través del mecanismo interno.

Características

La lengüeta y el mecanismo están diseñados para impedir un fácil cambio del mecanismo del interruptor. Estos dispositivos son confiables y fáciles de instalar.

Pueden usarse en guardas deslizables, con bisagra y desmontables y su versatilidad hace que sean los interruptores de enclavamiento de uso más común.

Para consideración:

La lengüeta montada en la guarda necesita permanecer razonablemente bien alineada con el agujero de entrada en el cuerpo del interruptor. Los interruptores con accionamiento de lengüeta pueden ser difíciles de limpiar a fondo. Esto puede ser un problema en las industrias de alimentos y bebidas y en la industria farmacéutica.

Accionamiento mediante bisagra

El dispositivo está montado sobre el pasador de la bisagra de una guarda con bisagra, tal como se muestra en la Figura 60. La abertura de la guarda se transmite mediante un mecanismo de operación de modo positivo a los contactos del circuito de control.

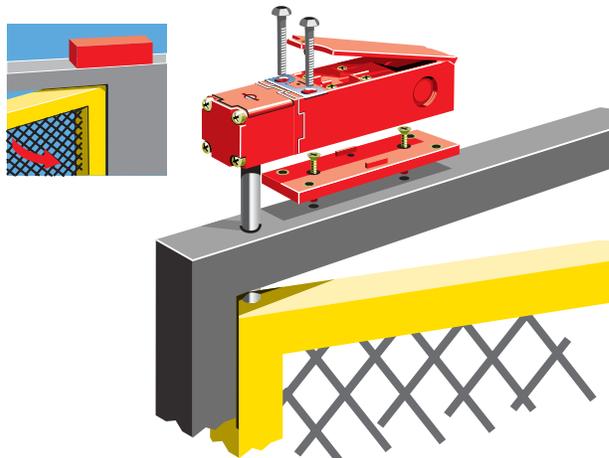


Figura 60



Características

Cuando se instalan correctamente, estos tipos de interruptores son ideales para la mayoría de puertas de guarda con bisagra, donde hay acceso a la línea central de la bisagra. Pueden aislar el circuito de control dentro de un intervalo de 3° de movimiento de la guarda y su mecanismo es prácticamente imposible de cambiar sin desmantelar la guarda.

Para consideración:

Debe tenerse cuidado ya que un movimiento de abertura de sólo 3° puede resultar en un espacio significativo en el borde de la abertura en puertas de guarda de gran ancho. También es importante asegurar que una guarda pesada no ejerza tensión excesiva sobre el eje del accionador del interruptor.

Accionamiento mediante leva

Este tipo de configuración generalmente toma la forma de un interruptor de final de carrera (o de posición) de modo positivo y una leva lineal o rotativa (tal como se muestra en la *Figura 61*). Generalmente se usa en guardas deslizantes y cuando la guarda se abre, la leva fuerza el pistón hacia abajo para abrir los contactos del circuito de control.

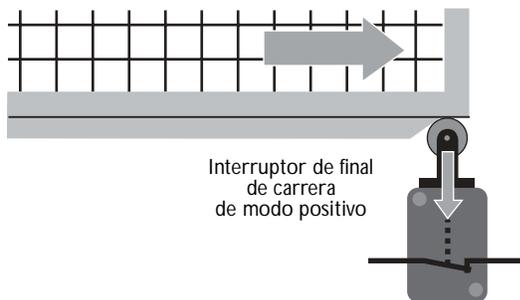


Figura 61

Características

La simplicidad del sistema permite que el interruptor sea compacto y confiable.

Para consideración:

No puede usarse en guardas desmontables.

Es muy importante que el pistón del interruptor sólo pueda extenderse cuando la guarda está totalmente cerrada. Esto significa que puede ser necesario instalar retenes adicionales para limitar el movimiento de la guarda en ambas direcciones.

Es necesario fabricar una leva con un perfil apropiado que funcione dentro de las tolerancias definidas. La leva montada en la guarda nunca debe separarse del interruptor, ya que esto causará que se cierren los contactos del interruptor. Un sistema de este tipo puede tener tendencia a fallos debido al desgaste, especialmente cuando existe el factor de levas con un perfil incorrecto o la presencia de materiales abrasivos.

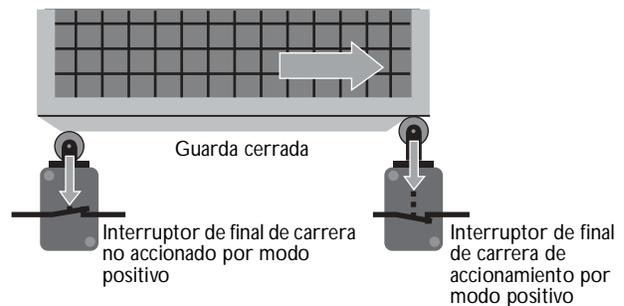


Figura 62

A menudo se aconseja usar dos interruptores, tal como se muestra en la *Figura 62*.

Accionamiento sin contacto (no mecánico)

Con estos dispositivos, la puerta de la guarda está vinculada a los contactos del circuito de control del interruptor mediante un campo magnético o electrónico. Para que estos tipos de dispositivo sean apropiados para servicio de enclavamiento, deben incorporar mejoras que aseguren una operación satisfactoria.

Puesto que no tienen el beneficio de una operación de modo positivo verdaderamente mecánica, los interruptores sin contactos tienen otras maneras de asegurar que no fallarán causando una condición de peligro. Esto se logra mediante los principios del “modo orientado a fallo” o mediante el uso de duplicación y monitoreo.

El Guardmaster Ferrogard usa el principio del modo orientado al fallo. Debido al uso de componentes especiales, el único fallo crítico de seguridad que podría ocurrir sería una soldadura de los contactos encapsulados debido a una aplicación de corriente excesiva al interruptor, tal como se ilustra en la *Figura 63*.

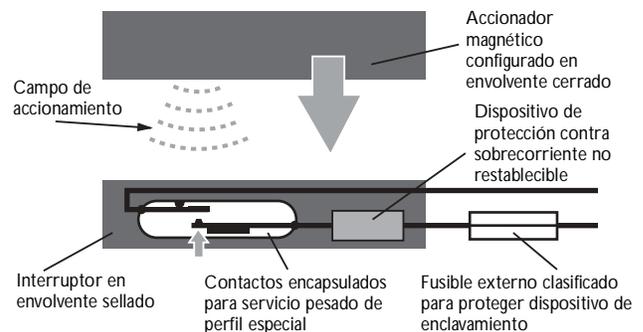


Figura 63

Esto se evita usando un dispositivo interno de protección contra sobrecorriente que no puede restablecerse. Existe un gran margen de seguridad entre la capacidad nominal de este dispositivo y los contactos encapsulados. Puesto que no puede restablecerse, el interruptor debe ser protegido mediante un fusible externo con capacidad nominal apropiada.

Es importante que el dispositivo sea activado sólo por el accionador indicado. Esto significa que los dispositivos de proximidad ordinarios que detectan objetos de metal ferroso no son apropiados. El interruptor debe ser activado por un accionador “activo”.



La seguridad puede aumentarse más aún mediante codificación tal como la del Guardmaster Ferrotek. Este interruptor usa el mismo principio de modo orientado a fallo que el Ferrogard, pero ofrece mayor seguridad debido a su accionador y detector codificados.

Características

Los dispositivos sin contactos están disponibles en versiones totalmente selladas, lo cual los hace ideales para aplicaciones de la industria de alimentos y bebidas, ya que no tienen trampas de suciedad y pueden limpiarse a presión. Son sumamente fáciles de aplicar y tienen una considerable tolerancia de operación, de manera que pueden aceptar alguna distorsión o desgaste de la guarda y seguir funcionando correctamente.

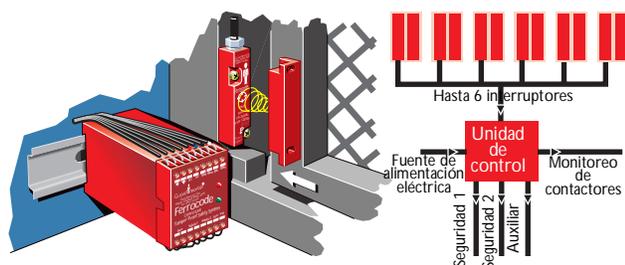


Figura 64

Los dispositivos sin contacto sofisticados, tales como el Guardmaster Ferrocode, cuentan con un principio de codificación electrónica. Ferrocode también tiene dos “canales” de conmutación separados y diversos y una unidad de control disponible que monitorea hasta seis conjuntos de detectores más los contactores y el cableado (vea la Figura 64).

Para consideración:

Para los tipos de accionamiento más simples, si la seguridad es un factor importante, quizás sea necesario aplicarlos tal como se muestra en la Figura 65, de manera que no pueda accederse a ellos mientras la guarda está abierta. Es importante, especialmente para los tipos sin codificación, que no estén sujetos a interferencias externas proveniente de campos magnéticos/eléctricos.

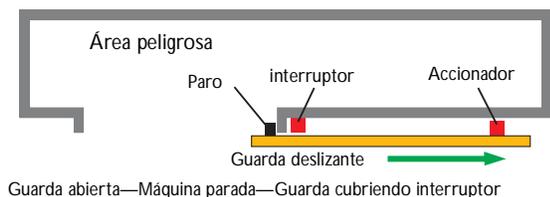


Figura 65

Interruptores de enclavamiento con bloqueo de guarda

Estos dispositivos son apropiados para máquinas con características de descarga, pero también pueden ofrecer un aumento significativo del nivel de protección para la mayoría de tipos de máquinas.

Proporcionan el enclavamiento de la fuente de alimentación peligrosa con el movimiento de la guarda y evitan la abertura de la guarda hasta que sea seguro hacerlo.

Estos dispositivos pueden dividirse en dos tipos: desenclavamiento de guarda **incondicional** y **condicional**.

Desenclavamiento de guarda incondicional

Estos dispositivos funcionan manualmente y la guarda puede abrirse en cualquier momento. Una manija o perilla que libera el bloqueo de la guarda también abre los contactos del circuito de control.

En un dispositivo tal como el interruptor de perno Guardmaster Centurion, se impone un retardo de tiempo. El perno que bloquea la guarda en su lugar hace funcionar los contactos y se retrae rotando la perilla de operación. Las primeras rotaciones abren los contactos pero el perno de bloqueo no se retrae totalmente hasta que se rota la perilla muchas veces más (lo cual toma hasta 20 segundos).

El sistema de llave con trampa Prosafe (vea la sección de enclavamiento de alimentación eléctrica) también puede proporcionar un bloqueo de guarda incondicional.

Características

Estos dispositivos se aplican fácilmente y son sumamente resistentes y confiables. El interruptor de perno con retardo de tiempo es apropiado principalmente para guardas deslizantes.

Para consideración:

El tiempo de paro de la fuente de peligro debe ser predecible y no debe ser posible la retracción del perno antes que se haya eliminado el peligro. Sólo debe ser posible extender el perno a su posición enclavada cuando la guarda está totalmente cerrada. Esto significa que será necesario añadir retenes para restringir el desplazamiento de la puerta de la guarda, tal como se muestra en la Figura 66.

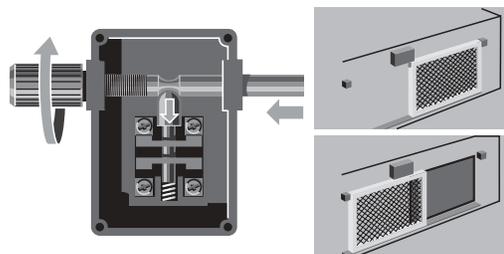


Figura 66

Desenclavamiento de guarda condicional

Con estos dispositivos, la guarda sólo puede abrirse a la recepción de una señal que muestra que:

El contactor está desactivado.

Ha transcurrido un intervalo de tiempo preseleccionado o, alternativamente, el movimiento peligroso se ha detenido.

Estas señales generalmente se derivan de los contactos auxiliares del contactor y de una unidad temporizadora tal como el Guardmaster CU1 o una unidad de detección de movimiento interrumpido tal como el Guardmaster CU2.

Proporcionan el enclavamiento de la fuente de alimentación peligrosa con el movimiento de la guarda y también evitan la abertura de la guarda hasta que sea seguro hacerlo. Puesto que se requiere una señal generada externamente para la liberación del bloqueo, esto los hace especialmente apropiados para uso con PLC u otras máquinas controladas mediante electrónica programable.



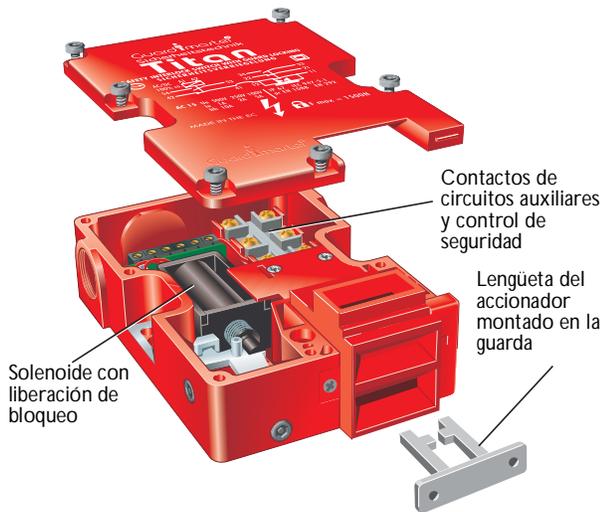


Figura 67

El mejor tipo de dispositivo de enclavamiento para estos propósitos es un interruptor de bloqueo accionado por solenoide tal como el Guardmaster TLS-GD2 (como se muestra en la Figura 67) o el Atlas 4. Para aplicaciones de acceso menos frecuente, el sistema con atrapamiento de llave Prosafe (vea la sección de enclavamiento de alimentación eléctrica) puede configurarse para funcionar de esta manera.

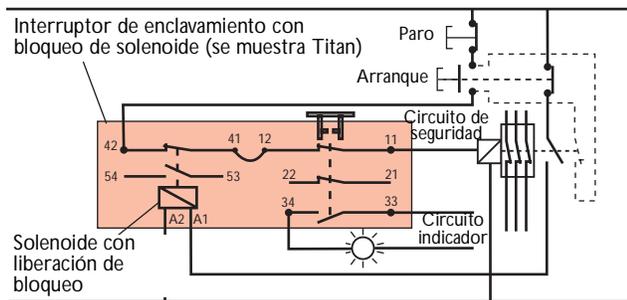


Figura 68

En el ejemplo mostrado en la Figura 68, el peligro deja de existir tan pronto como la alimentación eléctrica es aislada mediante la desactivación de la máquina en los controles normales. La guarda no puede abrirse hasta que el contactor está desactivado. Una vez que la guarda se abre, los contactos del circuito de control aseguran que el contactor no pueda reactivarse hasta que la guarda esté cerrada y bloqueada.

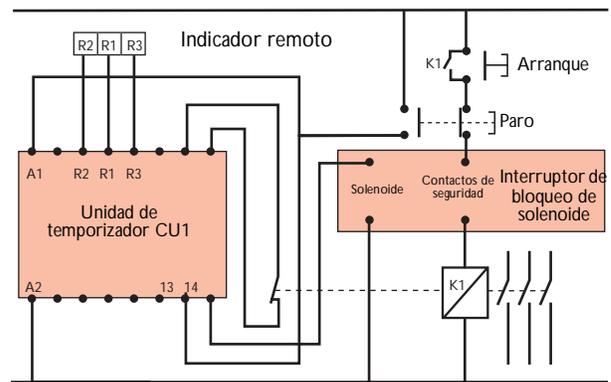


Figura 69

Con la configuración mostrada en la Figura 69, el interruptor no desenganchará la guarda hasta que el contactor esté desactivado y haya transcurrido un intervalo de tiempo preseleccionado. El rango de tiempo puede establecerse entre 0.1 segundos a 40 minutos. El tiempo de paro más largo de la máquina debe ser predecible y constante. No debe depender de métodos de freno que pueden degradarse con el uso.

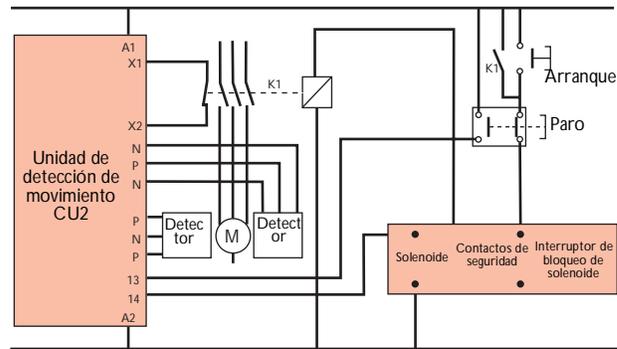


Figura 70

Con la configuración mostrada en la Figura 70, el interruptor no desenganchará la guarda hasta que el contactor esté desactivado y se haya detenido todo el movimiento.

En los sistemas mostrados en las Figuras 69 y 70, la máquina es detenida por su sistema de control operativo ya sea manual o automáticamente. Por lo tanto, estos sistemas son especialmente útiles en máquinas donde podría ocurrir daño a la máquina o pérdida del programa debido a un paro total del sistema causado por la apertura de la guarda.

Preguntas útiles para la selección de dispositivos de enclavamiento

Las siguientes preguntas le ayudarán a realizar una selección lógica del tipo más apropiado de dispositivo de enclavamiento.

¿Requiere la máquina tiempo para descargarse después del aislamiento de la alimentación eléctrica?

SÍ = Es posible que se requiera bloqueo de guarda con retardo temporizado.

¿Es predecible y constante el tiempo de paro de la máquina?

NO = Posiblemente se requiera bloqueo de guarda condicional con detección de movimiento.



¿Se requiere acceso de todo el cuerpo?

SÍ = Posiblemente se requiera bloqueo de guarda operado con llave personal.

¿Puede un paro total causar daño de la máquina o del sistema de control?

SÍ = Es posible que se requiera bloqueo de guarda condicional.

¿Habrá desgaste de la guarda que cause desalineamiento en el dispositivo de enclavamiento?

SÍ = Es posible que se requiera un dispositivo sin contactos.

¿Necesita el dispositivo estar totalmente sellado, por ej., para ambientes con proyecciones de agua o alta humedad?

SÍ = Es posible que se requiera un dispositivo sin contactos.

¿Se requiere acceso frecuente?

SÍ = Posiblemente el enclavamiento de control sea lo más apropiado.

¿Es probable que hayan intentos de cambiar el mecanismo del dispositivo de enclavamiento?

SÍ = Posiblemente se requiere un dispositivo con mayor seguridad.

Cortinas de luz de seguridad

Las cortinas de luz de seguridad son detectores de presencia fotoeléctricos diseñados específicamente para proteger al personal de la planta de lesiones relacionadas a movimiento peligroso de la máquina. Conocidas también como AOPD (dispositivos de protección optoelectrónica activa) las cortinas de luz ofrecen una seguridad óptima, permiten mayor productividad y son la solución más ergonómica en comparación con las guardas mecánicas. Son ideales para aplicaciones donde el personal necesita acceso frecuente y fácil a un punto de peligro.

Operación

Las cortinas de luz de seguridad constan de una pareja de emisor y receptor que crea una barrera de múltiples haces de luz infrarroja en frente o alrededor de un área peligrosa. Cuando algunos de los haces es bloqueado por intrusión en el campo de detección, el circuito de control de la cortina de luz de seguridad envía una señal al dispositivo de paro de emergencia de la máquina. El emisor y el receptor pueden interconectarse a una unidad de control que proporcione la lógica, salidas, diagnóstico de sistema y funciones adicionales necesarias (silenciamiento, supresión, PSDI) para satisfacer las necesidades de la aplicación. Cuando se instala sola, la cortina de luz funcionará como interruptor de control confiable.

Para eliminar la sensibilidad a disparos falsos atribuidos a la luz ambiental e interferencias de otros dispositivos optoelectrónicos, los indicadores LED del emisor son pulsados a un régimen específico (frecuencia modulada), con pulsos secuenciales de cada indicador LED de manera que un emisor sólo puede afectar al receptor asociado con éste. Si bien este método se presta para mayor seguridad, las cortinas de luz deben ofrecer protección adicional en términos de *confiabilidad del control*.

Confiabilidad del control

La confiabilidad del control es un concepto que aparece en la serie de estándares ANSI B11 y en OSHA 1910.217. La definición que aparece en el estándar B11 más reciente es,

“La capacidad del sistema de control de máquina, protección, otros componentes de control e interfaces relacionadas de lograr un estado de seguridad en caso de un fallo de sus funciones de seguridad”.

Se puede obtener un sistema que cumpla con este requisito mediante una estrategia de diseño, método o característica que separe las funciones de seguridad de un sistema en componentes, módulos, dispositivos o sistemas que puedan ser monitoreados o verificados por otros componentes, módulos, dispositivos o sistemas.

Aplicar los tres conceptos simples siguientes ayuda a asegurar el rendimiento de la función de seguridad.

- Redundancia—uso de métodos idénticos
- Diversidad—uso de métodos diferentes
- Monitoreo—uso de métodos de verificación

La selección e integración de componentes, módulos, dispositivos y sistemas diseñados específicamente para uso en funciones de seguridad también contribuye a lograr el control. Un proceso de diseño disciplinado es vital para lograr un diseño completo y preciso, y debe usarse para asegurar la confiabilidad del control.

En términos de protección optoelectrónica, esto significa que el sistema de cortina de luz de seguridad debe poder enviar una señal de paro a la máquina aun en el caso de fallo(s) de un componente. Las cortinas de luz de seguridad tienen dos salidas de monitoreo cruzado diseñadas para cambiar de estado cuando se rompe el campo de detección de la cortina de luz de seguridad. Si una de las salidas falla, la otra salida responde y envía una señal de paro a la máquina controlada, y como parte del sistema de monitoreo cruzado detecta que la otra salida no cambió de estado o no respondió. Entonces el sistema entra en una condición de bloqueo, la cual evita la operación de la máquina hasta que se repare la cortina de luz de seguridad. El restablecer las cortinas de luz de seguridad o desconectar y volver a conectar la alimentación eléctrica no borrará la condición de bloqueo.

Tipos y funciones

Las cortinas de luz de seguridad Guardmaster de Allen-Bradley pertenecen a tres familias de productos: *Control de Punto de Operación (POC)*, *Control de Acceso a Área (AAC)* y *Control de Acceso a Perímetro (PAC)*.

Control de punto de operación (POC)

Las cortinas de luz de seguridad POC usan una pareja de cabezas ópticas para crear una cortina de luz infrarroja que permite al personal un acceso frecuente y fácil a los peligros del punto de operación. Estas cortinas de luz de seguridad se usan cuando el operador necesita hacer interface con maquinaria a una distancia relativamente corta del área peligrosa. Las cortinas de luz de seguridad de punto de operación Guardmaster de Allen-Bradley



Principios de seguridad

Cortinas de luz de seguridad

están disponibles en resoluciones de 14 mm y 30 mm para protección de los dedos y de la mano, respectivamente.

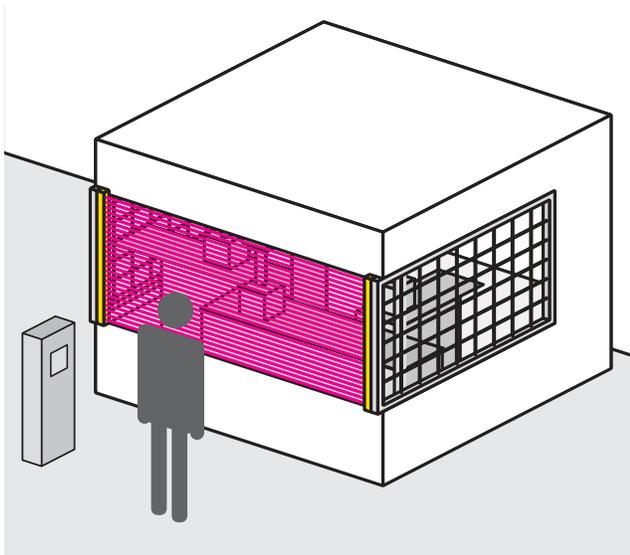


Figura 71: POC

Control de acceso a área (AAC)

AAC es un sistema de margen largo (hasta 275 pies) que utiliza unidades de emisor y receptor de un solo haz para crear una barrera protectora alrededor de máquinas peligrosas, incluyendo celdas robóticas, estaciones de transferencia, paletizadoras y máquinas de carga. Se utiliza la rotura del haz para detener el movimiento de la máquina peligrosa. Mediante el uso de espejos de esquina se logra control de acceso de dos haces o múltiples lados.

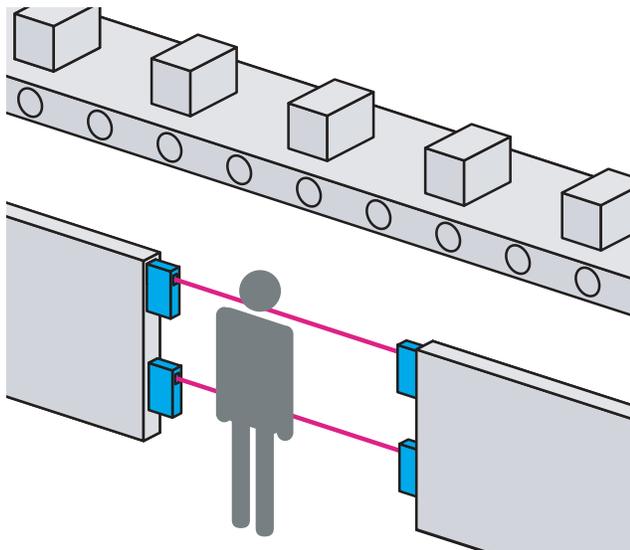


Figura 72: AAC

Control de acceso a perímetro (PAC)

Las cortinas de luz de seguridad PAC utilizan una pareja de emisor y receptor para crear una barrera de un haz o múltiples haces (1, 2, 3 ó 4 haces) para detección de todo el cuerpo alrededor de la maquinaria

peligrosa. Cuando alguien entra al perímetro protegido, la cortina de luz de seguridad envía una señal de paro a la máquina protegida, deteniendo el movimiento peligroso de la máquina y protegiendo al personal.

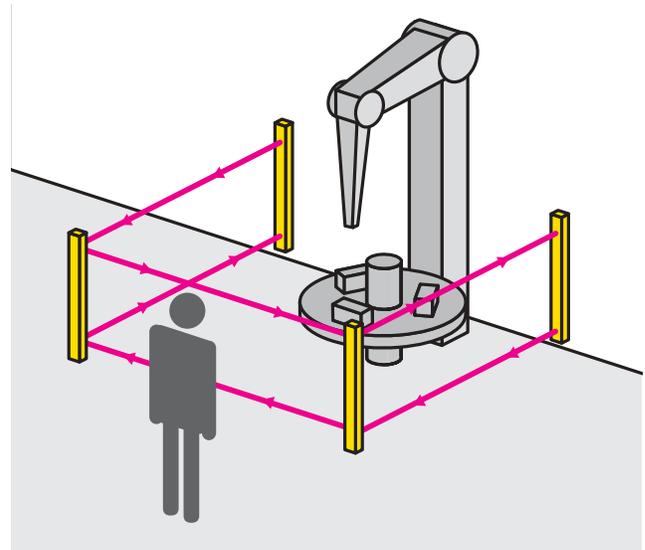


Figura 73: PAC

Supresión—Fija y flotante

La supresión permite inhabilitar porciones de un campo de detección de la cortina de luz de seguridad para que ésta ignore los objetos típicamente asociados con el proceso. Cuando este objeto es estacionario—por ej., accesorios de montaje, un accesorio de la máquina, herramienta o transportador—también lo es la porción de supresión del haz. Esta función, conocida como supresión fija, requiere que el objeto esté en el área especificada en todo momento. Si alguno de los haces programados como “suprimidos” no son bloqueados por el accesorio o pieza de trabajo, se envía una señal de paro a la máquina.

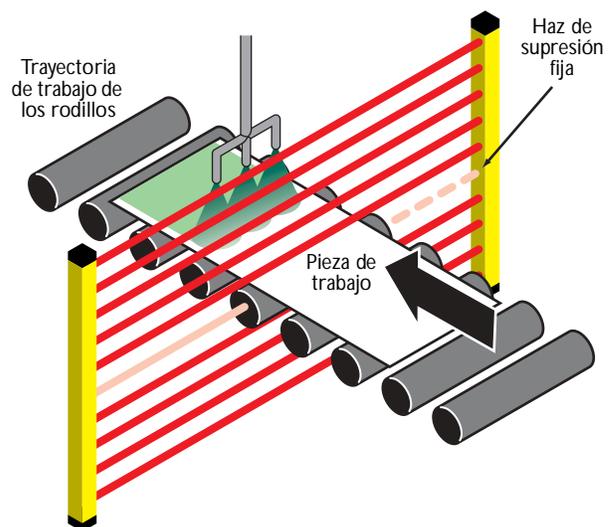


Figura 74: Supresión fija



La supresión flotante permite que un objeto, como por ejemplo material de alimentación, penetre en el campo de detección en cualquier punto sin parar la máquina. Esto se realiza inhabilitando hasta dos haces de luz en cualquier lugar dentro del campo de detección. En lugar de crear una ventana fija, los haces suprimidos se mueven hacia arriba y hacia abajo, es decir "flotan" según sea necesario. Dependiendo del número de haces flotantes, cualquiera de dos haces puede bloquearse en cualquier lugar del campo protector sin que el sistema envíe una señal de paro a la maquinaria protegida.

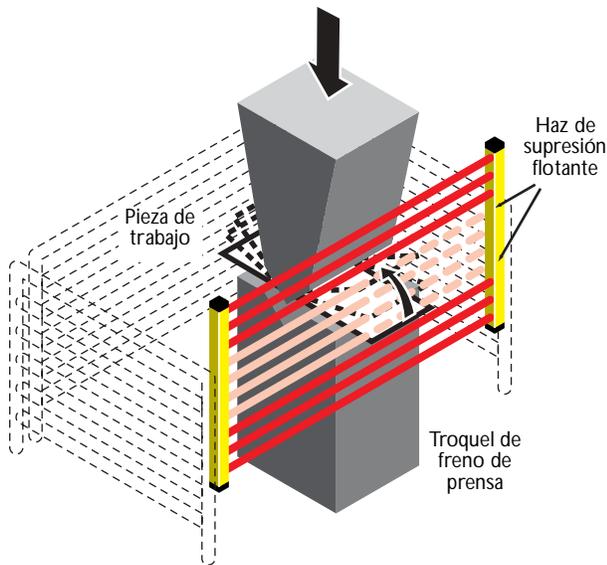


Figura 75: Supresión flotante

Cuando use supresión, fija o flotante, se afecta la distancia de seguridad (la distancia mínima a la que la cortina de luz puede estar del peligro de manera que un operador no pueda llegar al peligro antes que se detenga la máquina). Puesto que la supresión aumenta el tamaño mínimo del objeto que puede detectarse, la distancia mínima de seguridad también debe aumentar basado en la fórmula para calcular la distancia mínima de seguridad (vea Cálculo de la distancia de seguridad, página 1-43).

Silenciamiento

Algunas veces el proceso requiere que la máquina se detenga cuando entra personal al área y que continúe funcionando cuando se introduce material de alimentación automática. En dicho caso, se necesita una función de silenciamiento.

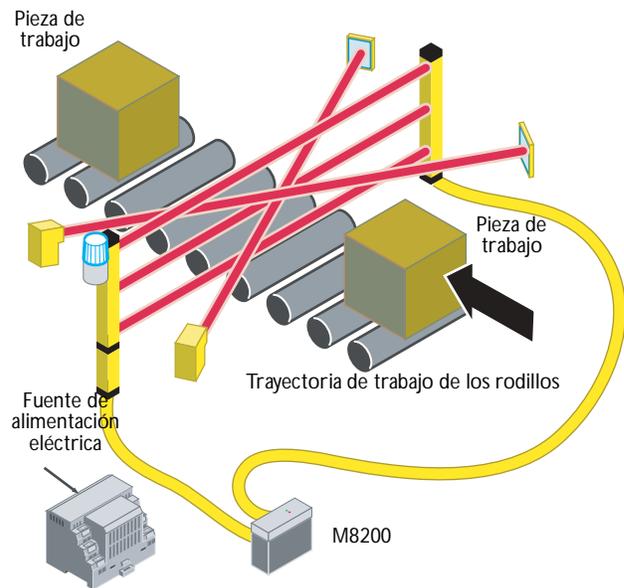


Figura 76: Silenciamiento

El silenciamiento requiere la combinación de una cortina de luz, dos o cuatro detectores de silenciamiento y una unidad de control para procesar señales y determinar si se activa la función de silenciamiento y cuándo se activa. Los detectores de silenciamiento se montan en la parte frontal y detrás de la cortina de luz de seguridad y sólo una combinación específica de salidas de los detectores iniciará la función de silenciamiento. Por ejemplo, cuando los dos detectores ubicados al frente de la cortina de luz de seguridad cambian de estado en un lapso de tiempo predeterminado, la cortina de luz entra al modo de silenciamiento. Los detectores deben montarse a una distancia de separación suficiente para que el personal no pueda entrar al área y disparar ambos detectores de silenciamiento simultáneamente, y para que un período suficientemente largo inicie el silenciamiento de la cortina de luz.

ANSI B11.19 establece los requisitos de rendimiento de seguridad para la función de silenciamiento.

“La función de silenciamiento del dispositivo está permitido durante la porción no peligrosa del ciclo de la máquina. La función de silenciamiento del dispositivo se realizará de manera que un fallo de un componente, subensamblaje o módulo del sistema/dispositivo que afecte el desempeño de las funciones de seguridad no evitará que se inicie un comando de paro normal, o causará un comando de paro inmediato. En el caso de fallo, la reiniciación de la máquina se evitará hasta que el fallo haya sido corregido o el sistema o dispositivo haya sido restablecido manualmente”.

Por ejemplo, no es suficiente un interruptor simple de final de carrera accionado por leva cableado en paralelo con la salida del dispositivo. Un fallo del interruptor de leva no será detectado.



Protección de área

Dispositivos de disparo y detección de presencia

Cuando se decide cómo proteger una zona o área, es importante tener un claro entendimiento de cuáles funciones de seguridad se requieren exactamente.

En general habrán por lo menos dos funciones.

- Desactivar o desconectar la alimentación eléctrica cuando una persona entra al área de peligro.
- Evitar activar o conectar la alimentación eléctrica cuando una persona está en el área de peligro.

En un inicio podría parecer que estas dos funciones son la misma cosa, pero aunque obviamente están vinculadas y generalmente son realizadas por el mismo equipo, en realidad son dos funciones diferentes.

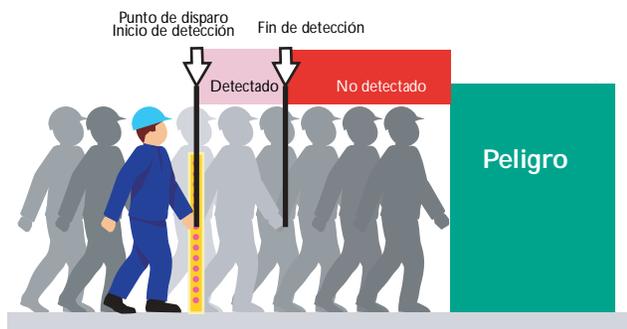


Figura 77

Para lograr el primer punto, necesitamos usar alguna forma de dispositivo de disparo. En otras palabras, un dispositivo que detecte que una parte de una persona ha pasado más allá de un punto específico y proporcione una señal para desconectar la alimentación eléctrica. Si la persona puede continuar pasado este punto de disparo y su presencia ya no es detectada, entonces puede que no se logre el segundo punto (evitar la activación).

Para aplicaciones en donde es posible el acceso de todo el cuerpo, algunos ejemplos de dispositivos con estas características son cortinas de luz de seguridad de montaje vertical, barreras de luz de seguridad de un solo haz, bordes sensibles, interruptores de antena telescópica. Una puerta de guarda enclavada generalmente también debe considerarse como dispositivo de disparo solamente porque (a menos que hayan provisiones especiales tales como sistemas de acceso con llave) generalmente no hay nada que evite que la puerta se cierre después de la entrada.



Figura 78

Si el acceso de todo el cuerpo no es posible y por lo tanto una persona no puede continuar más allá del punto de disparo, su presencia siempre es detectada y se logra el segundo punto (evitar la activación).

Para estos tipos de aplicaciones, los mismos tipos de dispositivos realizan detección de presencia y disparo. La única diferencia es el tipo de aplicación.

Podemos ver que si es posible obtener acceso de todo el cuerpo más allá del punto de disparo, entonces puede ser necesario tener alguna manera de detectar la presencia de una persona más allá del punto de disparo y en toda la zona de peligro accesible. En otras palabras un dispositivo detector de presencia en el área.

Algunos ejemplos de dispositivos de detección de presencia en el área son tapetes sensibles a la presión, escáneres de láser, cortinas de luz de seguridad montadas horizontalmente.

Podemos usar un dispositivo que combine las funciones de detección de área y activación de perímetro o podemos usar un dispositivo separado colocado dentro del perímetro protegido o de activación.

Es obvio que cualquier dispositivo de detección en área también actuará como dispositivo de disparo cuando alguien ingrese inicialmente al área de detección. (por ej., ver a continuación)

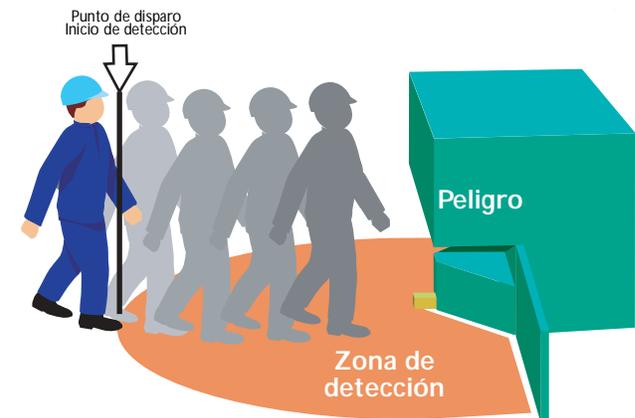


Figura 79

Escáner de láser

El primer paso en la zona de detección desactiva la alimentación eléctrica del peligro. Los pasos subsiguientes evitan la activación o la conexión de la alimentación eléctrica.

Para los dispositivos de disparo y los dispositivos de detección de presencia que también actúan como dispositivos de disparo, se aplica el cálculo de distancia de seguridad (ver la sección correspondiente más adelante).

Hay dos requisitos fundamentales:

- No debe existir la posibilidad de acceder al peligro sin disparar el dispositivo.
- El dispositivo debe estar colocado suficientemente lejos para que no sea posible llegar al peligro antes de que haya tenido tiempo suficiente para "pasar" a la condición de seguridad. Esto significa que la distancia de acceso más corta entre el perímetro de la zona de detección del dispositivo hasta el peligro debe cumplir como mínimo con las especificaciones de la fórmula de distancia de seguridad.



Como alternativa, es posible tener una protección contra el peligro de manera que no dependa totalmente de la distancia de separación. Normalmente, esto podría requerir guarda con enclavamiento y con bloqueo de puerta de guarda. La puerta no podrá desbloquearse hasta que la máquina esté en una condición de seguridad.

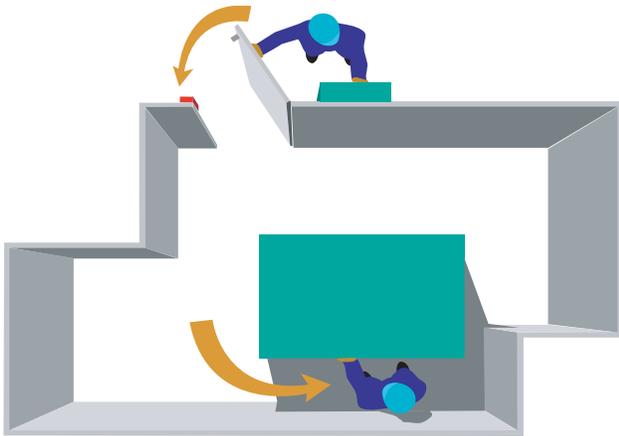


Figura 80

Una evaluación de riesgos puede mostrar que una persona podría entrar al área protegida y quizás estar fuera de vista.

La puerta de guarda puede cerrarse y la máquina puede ser arrancada por otra persona. Una manera de evitar esta situación es detectar la presencia de una persona en cualquier lugar dentro del área protegida encerrada. Usando este método es posible ahorrar espacio, pero generalmente a expensas de la capacidad de acceso de montacargas, etc.

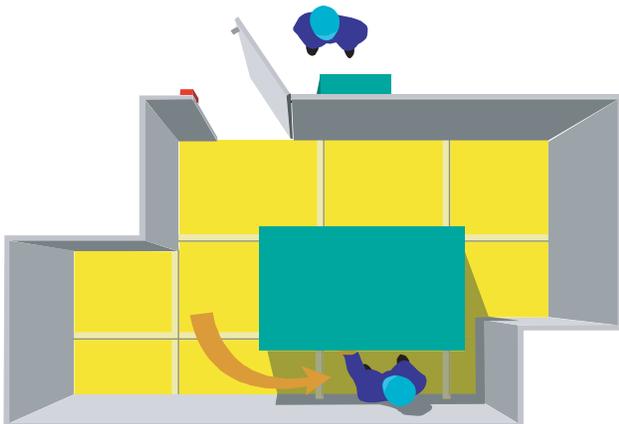


Figura 81

Si se usa un dispositivo de detección de presencia para ese propósito, no se necesita cumplir con los requisitos de tamaño y posicionamiento de EN 999. Pero el requisito fundamental de todas maneras es que no sea posible acceder al peligro sin disparar el dispositivo.

El movimiento de una persona activa el dispositivo. El dispositivo debe cubrir el área encerrada. Los dispositivos típicos son tapetes sensibles a la presión, rejillas o cortinas de luz de seguridad horizontales, escáneres de láser.

La selección del tipo de dispositivo depende de equiparar las características del dispositivo con las características de la aplicación.

En algunos casos, en lugar de que el operador se mueva hacia el peligro, el peligro se mueve hacia el operador, por ej., puertas energizadas. En este caso, el flanco ascendente del peligro se equipa con un borde sensible activado por el contacto ligero con una persona, y es capaz de detener el movimiento antes de que ocurra una lesión.

En este caso, la cantidad de sobrecarrera o “inercia” al momento del paro del movimiento son críticos. Los bordes sensibles pueden proporcionar protección eficaz para muchos tipos de peligros problemáticos, tales como corte y atrapamiento. También pueden ser útiles como dispositivos de disparo generales.

Iniciación del dispositivo de detección de presencia (PSDI)

Conocido también como modo de operación de simple apertura/doble apertura, PSDI requiere el uso de una cortina de luz no sólo como dispositivo de seguridad sino como control de operación de la máquina. PSDI inicia el ciclo de una máquina basado en el número de veces que se rompe el campo de detección. Por ejemplo, cuando un operador se aproxima al peligro para insertar una pieza de trabajo, la interrupción de los haces detiene inmediatamente la máquina o evita el reinicio de la máquina hasta que el operador retire su mano del área, y en ese momento la máquina inicia automáticamente su siguiente ciclo.

OSHA 1910.217 (h) describe específicamente los requisitos de aplicación y las restricciones de uso de PSDI en prensas mecánicas.

Uso de cortinas de luz de seguridad

Para determinar la cortina de luz de seguridad apropiada para la aplicación, usted debe:

1. Identificar cada peligro individual en el equipo protegido
2. Determinar si la máquina puede detenerse en cualquier punto en su carrera o ciclo
3. Identificar las partes que deben protegerse: dedo, mano, extremidad, cuerpo
4. Calcular la distancia de seguridad
5. Dimensionar la cortina de luz de seguridad—el personal no debe poder aproximarse ni por la parte de arriba ni por la parte de abajo, ni tampoco alrededor de la cortina de luz de seguridad para acceder al peligro.

Finalmente, los pasos 1 al 3 del proceso de selección se basan en los hallazgos de la Evaluación de riesgos descrita en la sección Principios de seguridad (vea la página 1-17).

Cálculo de la distancia de seguridad

Al instalar las cortinas de luz de seguridad, se debe calcular la distancia de seguridad mínima a la cual la cortina de luz puede montarse desde el punto de peligro. La distancia entre el peligro y la cortina de luz de seguridad debe ser tal que el tiempo que requiere el operador para llegar al peligro (con respecto a las velocidades de aproximación de partes del cuerpo humano) debe ser mayor que el tiempo de paro de la máquina.

En los Estados Unidos se usan dos fórmulas para calcular correctamente la distancia de seguridad. La primera es la fórmula



OSHA, la cual es requisito mínimo para el cálculo de la distancia de seguridad. La segunda fórmula, recomendada por Rockwell Automation, es la fórmula ANSI, la cual incorpora factores adicionales a considerar cuando se calcula la distancia de seguridad.

Fórmula de cálculo de distancia de seguridad OSHA

La fórmula de distancia de seguridad OSHA, según lo especificado en CFR Subparte O 1910.217 es la siguiente:

$$D_s = 63 \times T_s$$

Donde:

D_s Distancia de seguridad

63 Es la constante de velocidad de la mano recomendada por OSHA en pulgadas por segundo

T_s Es el tiempo de paro total para todos los dispositivos del circuito de seguridad, medido en segundos. Este valor debe incluir todos los componentes involucrados en parar el movimiento peligroso de la máquina. En el caso de una prensa mecánica, es el tiempo de paro medido a una posición de 90° aproximadamente de rotación del cigüeñal.

Nota: El número de T_s debe incluir los tiempos de respuesta de *todos* los dispositivos, incluyendo el tiempo de respuesta del sistema de cortina de luz de seguridad, del controlador del sistema de cortina de luz de seguridad (si se usa), del circuito de control de la máquina y cualquier otro dispositivo que reaccione para parar el movimiento peligroso de la máquina. El no incluir el tiempo de respuesta de uno o más dispositivos en el cálculo del tiempo de paro resultará en una distancia de seguridad insuficiente para la aplicación. Esto puede causar lesiones al operador.

Fórmula de distancia de seguridad de ANSI

El cálculo de ANSI de la distancia de seguridad para cortinas de luz, según lo usado en B11.1-1988 and B11.19-1990, es como sigue:

$$D_s = K \times (T_s + T_c + T_r + T_{bm}) + D_{pf}$$

Donde:

D_s La distancia de seguridad mínima de la zona de peligro a la cortina de luz de seguridad (pulg.)

K 63 pulg./seg (sugerido). La constante de velocidad de la mano según lo definido en ANSI B11.19-1990: "... la constante de velocidad de la mano, K, ha sido determinada por varios estudios, y aunque estos estudios indican velocidades de 63 pulg./seg a más de 100 pulg./seg, no se consideran determinaciones concluyentes. El usuario debe considerar todos los factores, inclusive la capacidad física del operador al determinar el valor de K que se va a utilizar".

T_s El tiempo de paro de la máquina, en segundos, medido en la posición de aproximadamente 90° de rotación del cigüeñal, según lo determinado con un dispositivo de medición.

T_c Tiempo de respuesta, en segundos, del circuito de control para activar el paro de la máquina, según lo determinado con un dispositivo de medición.

T_r Tiempo de respuesta de la cortina de luz de seguridad según lo especificado en segundos.

T_{bm} Tiempo de paro adicional atribuido al tiempo de respuesta de un monitor de freno. Si no hay un monitor de freno disponible, debe añadirse un factor de porcentaje que considere el deterioro del sistema de freno debido a desgaste. Para frenos nuevos, se recomienda 20 %; para frenos viejos, el factor recomendado es 10 %.

D_{pf} Distancia adicional basada en el factor de profundidad de penetración (consulte la Tabla 10 en 1910.217). Al conocer el tamaño mínimo de objeto que la cortina de luz de seguridad puede ver, puede determinarse la distancia que un objeto puede penetrar el campo de detección antes que la luz inicie una señal de paro.

Ejemplo: Usando la fórmula ANSI, un tiempo de respuesta de cortina de luz de seguridad (T_r) de 15 ms, un tiempo de paro de máquina (T_s+T_c) de 180 ms, un tiempo de respuesta de monitor de freno (T_{bm}) de 40 ms y una profundidad de penetración de 3.2 pulgadas, el cálculo sería de la siguiente manera (recuerde que la constante de velocidad de la mano, K, fue establecida por OSHA en 63 pulgadas por segundo):

$$\begin{aligned} D_s &= K \times (T_s + T_c + T_r + T_{bm}) + D_{pf} \\ D_s &= 63 \times (0.180 + 0.015 + 0.040) + 3.2'' \\ D_s &= 63 \times (0.235) + 3.2'' \\ D_s &= 14.805 + 3.2'' \\ D_s &= 18.00'' \end{aligned}$$

Por lo tanto, la mínima distancia de seguridad a la que la cortina de luz puede montarse del peligro es 18 pulgadas.

Fórmula EN 999 para distancia de seguridad

EN 999 es el estándar europeo que considera el posicionamiento del equipo protector con respecto a las velocidades de aproximación de partes del cuerpo humano. Se recomienda para uso en máquinas diseñadas para venta o uso en Europa. Similar a la fórmula ANSI, la fórmula de EN 999 es:

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

Donde:

S La distancia mínima en mm desde la zona de peligro al campo de detección de la cortina de luz de seguridad.

K 1600 (sugerido). Este parámetro se basa en datos de investigación que muestran que es razonable suponer una velocidad de aproximación del operador de 1600 mm/seg. Deben tenerse en cuenta las circunstancias de la aplicación real. Como pauta general, la velocidad de aproximación varía de 1,600 a 2,500 mm/seg.

T El tiempo total de paro del sistema, por ej., el tiempo total en segundos, desde la iniciación de la señal de paro hasta la eliminación del peligro.



C Una distancia adicional, en milímetros, basada en la posible profundidad de penetración hacia el área de peligro. Esto dependerá de la posibilidad de pasar por arriba, alrededor, o a través de la cortina de luz de seguridad, antes que los contactos se abran. Los estándares EN 294 y

EN 811 proporcionan más información sobre el cálculo de distancias de aproximación.

Ejemplo: Usando las mismas mediciones (convertidas a mm) del cálculo de ANSI anterior, la ecuación de EN 999 produce:

$$\begin{aligned} S &= (K \times T) + C \\ S &= (1600 \times 0.235) + 81.28 \\ S &= (376) + 81.28 \\ S &= 457.28 \text{ mm} \end{aligned}$$

Por lo tanto, la distancia de seguridad mínima para la misma aplicación sería 457.28 mm según EN 999.

Interferencia de superficies reflectivas y otros dispositivos optoelectrónicos

Cuando hay superficies reflectivas (metal brillante/pulido, láminas metálicas, superficies pintadas con pintura brillante, etc.) cerca a dispositivos electrónicos tales como cortinas de luz de seguridad, el sistema es sensible a fallos debido a la deflexión de los haces ópticos. Una situación como esta puede causar que la cortina de luz de seguridad no detecte un objeto o persona en el campo de detección.

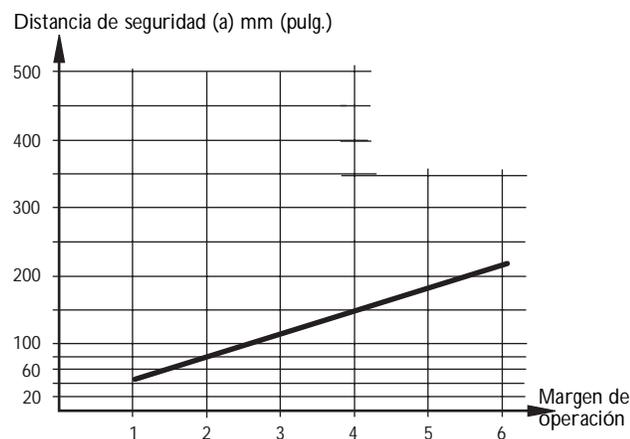
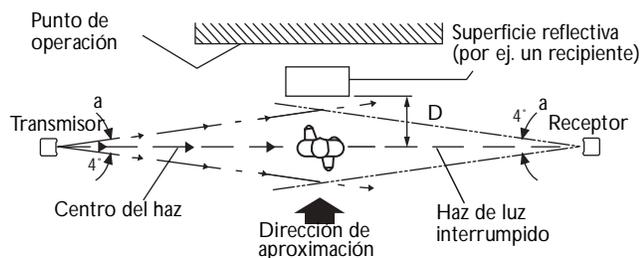


Figura 82: Alineamiento/distancia POC

Al instalar cortinas de luz, se puede calcular el potencial de interferencia para determinar la distancia mínima a la que la cortina de luz debe montarse de la superficie reflectiva. Como regla general, ninguna superficie reflectiva debe estar contenida dentro del ángulo de haz del emisor o receptor de la cortina de luz considerando el desalineamiento. Según la siguiente fórmula:

$$D = R/2 (\tan 2a)$$



Donde:

D Distancia a la superficie reflectiva (el peor de los casos)

R Distancia entre el emisor y el receptor de la cortina de luz de seguridad

a El ángulo de desalineamiento aceptable (ángulo de divergencia) según lo determinado por las especificaciones de la cortina de luz de seguridad

También es necesario considerar otros dispositivos optoelectrónicos cerca de la cortina de luz de seguridad. Es posible que las cortinas de luz interfieran una con otra.

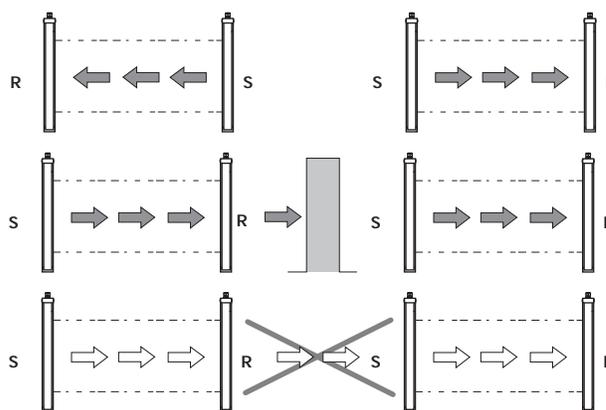


Figura 83: POC múltiples

Reglamentos de seguridad de EE.UU.

Esta sección presenta algunos reglamentos de seguridad para guardas de máquinas industriales en los EE.UU. Esto es sólo un punto de inicio; los lectores deben investigar los requisitos de la aplicación específica y tomar medidas para asegurar que el diseño, uso y los procedimientos y prácticas de mantenimiento satisfagan sus necesidades así como las especificaciones de los códigos y reglamentos nacionales y locales.

Hay muchas organizaciones que promueven la seguridad industrial en los Estados Unidos. Estas incluyen:

1. Corporaciones, las cuales usan requisitos establecidos y establecen sus propios requisitos internos;
2. La OSHA (Occupational Safety and Health Administration);
3. Organizaciones industriales tales como National Fire Protection Association (NFPA), Robotics Industries Association (RIA), y Association of Manufacturing Technology (AMT); y los proveedores de productos y soluciones de seguridad, tal como Rockwell Automation.

Occupational Safety and Health Administration (OSHA)

En los Estados Unidos, uno de los principales impulsores de la seguridad industrial es la OSHA (Occupational Safety and Health Administration). La OSHA fue establecida en 1970 por una Ley del Congreso de los EE.UU. El propósito de esta ley es proporcionar condiciones de trabajo saludables y de seguridad y preservar los

recursos humanos. OSHA lleva a cabo esta tarea publicando reglamentos en el Título 29 del Código de Reglamentos Federales (29 CFR).

Los estándares pertinentes a las maquinarias industriales son publicados por OSHA en Parte 1910 de 29 CFR. La Tabla 5 es una lista de dichos estándares correspondientes a máquinas específicas.

Sección	Descripción
1910.212	Requisitos generales para todas las máquinas
1910.213	Requisitos para máquinas de trabajos en madera
1910.214	Maquinaria de tonelería
1910.215	Maquinaria de ruedas abrasivas
1910.216	Fresadoras y satinadoras en la industria de caucho y plásticos
1910.217	Prensas mecánicas
1910.218	Máquinas de forjado
1910.219	Aparatos de transmisión de potencia mecánica

Tabla 6

Siempre que sea posible, OSHA promulga estándares de consenso nacional o estándares federales establecidos como estándares de seguridad. Las provisiones mandatorias (es decir, el texto debe indicar que es mandatorio) de los estándares, incorporados según referencia, tienen la misma vigencia y efectos que los estándares listados en Parte 1910. Por ejemplo el estándar NFPA 70 de consenso general se lista como documento de referencia en el Apéndice A de Subparte S-Electrical, de Parte 1910 de 29 CFR. NFPA 70 es un estándar desarrollado por la National Fire Protection Association (NFPA). NFPA 70 se conoce también como el Código Eléctrico Nacional (NEC). Por lo tanto, todos los requisitos mandatorios del NEC son mandatorios de OSHA.

Con referencia a las cortinas de luz de seguridad, los estándares se categorizan como estándares de aplicación o estándares de construcción. Los estándares de aplicación definen cómo aplicar una cortina de luz de seguridad a la maquinaria. Algunos ejemplos incluyen ANSI B11.1, que proporciona información sobre el uso de guardas de máquina en prensas mecánicas y ANSI/RIA R15.06, que describe el uso de la cortina de luz de seguridad para guarda de robot. Los estándares de construcción proporcionan detalles sobre el diseño y construcción de dispositivos de detección de presencia (PSD) en aplicaciones de seguridad. IEC61496, "Seguridad de maquinaria – Equipo protector electrosensible" cubre los requisitos de las cortinas de luz de seguridad y los detectores fotoeléctricos en general, usados en aplicaciones de seguridad.

Los siguientes son estándares OSHA seleccionados, e interpretaciones de la Precision Metalforming Association (PMA) relacionadas a guardas de máquinas y cortinas de luz de seguridad:

OSHA 1910.217(b)(7)—Embrague de revolución parcial, controles

(7) Máquinas que usan embragues de revolución parcial

(i) Se soltará el embrague y se aplicará el freno cuando el medio de enganche de embrague externo sea retirado, desactivado o desenergizado.

(ii) Se proporcionará un control de paro de color rojo con el sistema de control de embrague/freno. La operación momentánea del control de paro desactivará inmediatamente el embrague y aplicará el freno. El control de paro anulará cualquier otro control y el re-accionamiento del embrague requerirá el uso del medio de operación (disparo) seleccionado.

OSHA 1910.217(b)(13)—Confiabilidad del control

(13) Confiabilidad del control. Cuando lo requiera el párrafo (c) (5) de esta sección, el sistema de control se construirá de manera que un fallo dentro del sistema no impedirá que se aplique la acción de paro normal a la prensa cuando sea necesario, pero sí evitará la iniciación de una carrera sucesiva hasta que el fallo haya sido corregido. El fallo será detectable mediante una prueba simple, o indicado por el sistema de control. Este requisito no se aplica a los elementos del sistema de control que no tienen efecto en la protección contra lesiones de punto de operación.

OSHA 1910.217(b)(14)—Monitoreo del sistema de freno

(14) Monitoreo del sistema de freno. Cuando se requiera según el párrafo (c)(5) de esta sección, el monitor del freno cumplirá con los siguientes requisitos:

(i) Debe construirse de manera que evite automáticamente la activación de una carrera sucesiva, si el tiempo de paro o la distancia de frenado se deteriora hasta un punto en que la distancia de seguridad utilizada no cumple con los requisitos establecidos en el párrafo (c)(3)(iii)(e) o (c)(3)(vii)(c) de esta sección. El monitor de freno usado con la compuerta Tipo B o dispositivo de barrera móvil se instalará de manera que detecte un funcionamiento excesivo de la parte superior deslizante con paro fuera del límite normal razonable establecido por el empleador.

(ii) Debe instalarse en una prensa que indique cuando el rendimiento del sistema de freno se haya deteriorado, en la medida descrita en el párrafo (b)(14)(i) de esta sección; y

(iii) Debe construirse e instalarse de manera que se monitoree el rendimiento del sistema de freno en cada carrera.

OSHA 1910.217(c) – Protección del punto de operación

(1) Requisitos generales.

(i) Será responsabilidad del empleador proporcionar y asegurar el uso de "guardas de punto de operación" o dispositivos de punto de operación correctamente aplicados y ajustados en cada operación realizada en una prensa mecánica (vea la Tabla 0-10).

(ii) El requisito de la subdivisión (i) de este subpárrafo no se aplicará cuando la abertura del punto de operación sea un cuarto de pulgada o menos (vea la Tabla 0-10).

Tabla O-10 [de OSHA 1910.217 (f)(4)]

Distancia de abertura desde el peligro del punto de operación (pulgadas)	Ancho máximo de la abertura (pulgadas)
1/2 a 1-1/2	1/4
1-1/2 a 2-1/2	3/8
2-1/2 a 3-1/2	1/2
3-1/2 a 5-1/2	5/8
5-1/2 a 6-1/2	3/4
6-1/2 a 7-1/2	7/8
7-1/2 a 12-1/2	1-1/4
12-1/2 a 15-1/2	1-1/2
15-1/2 a 17-1/2	1-7/8
17-1/2 a 31-1/2	2-1/8



OSHA 1910.217 (c)(3)—Dispositivos de punto de operación

- (i) Los dispositivos de punto de operación protegerán al operador al:
- (a) Evitar y/o parar la carrera normal de la prensa si el operador coloca las manos en el punto de operación.

OSHA 1910.217 (c)(3)(iii)—Dispositivo de detección de presencia

(iii) Un dispositivo de detección de presencia en el punto de operación protegerá al operador según lo indicado en el párrafo (c)(3)(i)(a) de esta sección, y se enclavará dentro del circuito de control para evitar o detener el movimiento de la pieza deslizante si la mano u otra parte del cuerpo del operador está dentro del campo de detección del dispositivo durante la carrera descendente de la pieza deslizante de la prensa.

- (a) El dispositivo no puede usarse en máquinas que usan embragues de revolución total.
- (b) El dispositivo no puede usarse como medio de disparo para iniciar el movimiento deslizante excepto cuando se use en total cumplimiento con el párrafo (h) de esta sección.
- (c) El dispositivo no se construirá de manera que un fallo dentro del sistema no impida que se aplique la acción de paro normal a la prensa cuando sea necesario, pero sí evitará la iniciación de una carrera sucesiva hasta que el fallo haya sido corregido. El fallo deberá ser indicado por el sistema.
- (d) Se permitirá la función de silenciamiento (pasar por alto la función de protección) de dicho dispositivo, durante la carrera ascendente de la pieza deslizante de la prensa con el propósito de expulsión de piezas, verificación de circuito y alimentación.
- (e) La distancia de seguridad (D(s)) desde el campo de detección al punto de operación será mayor que la distancia determinada por la siguiente fórmula:

$$D(s) = 63 \text{ pulgadas/segundo} \times T(s)$$

Donde:

D_s = distancia de seguridad mínima (pulgadas);

63 pulgadas/segundo = constante de velocidad de la mano; y

T_s = Tiempo de paro de la prensa medido a una posición de aproximadamente 90° grados de rotación del cigüeñal (segundos).

- (f) Se usarán guardas para proteger todas las áreas de entrada al punto de operación no protegidas por el dispositivo de detección de presencia.

OSHA 1910.217 (c)(5) Requisitos de protección adicionales

Donde el operador alimente o retire piezas colocando una o ambas manos en el punto de operación y se utilice un control de dos manos, dispositivo de detección de presencia de compuerta Tipo B o barrera móvil (en un embrague de revolución parcial).

- (i) el empleador usará un sistema de control y un monitor de freno que cumpla con los párrafos (b) (13) y (14) de esta sección.

Deberá cumplirse con este requisito antes del 1 de noviembre de 1975.

(ii) la excepción indicada en el párrafo (b)(7)(v)(d) de esta sección para controles de dos manos fabricados e instalados antes del 31 de agosto de 1971, no es aplicable según este párrafo (c)(5);

(iii) se diseñará el control de máquinas de embrague neumático para evitar un aumento significativo en el tiempo de paro normal debido a un fallo dentro del mecanismo de válvula de operación y para inhibir la operación si ocurre dicho fallo, donde se utilice un embrague de revolución parcial. La excepción en el párrafo (b)(7)(xi) de esta sección para controles de dos manos fabricados e instalados antes del 31 de agosto de 1971, no es aplicable bajo este párrafo (c)(5).

OSHA 1910.217(e) Inspección, mantenimiento y modificación de prensas

(1) Registros de inspección y mantenimiento.

(i) Será responsabilidad del empleador establecer y seguir un programa de inspecciones periódicas y regulares de sus prensas mecánicas para asegurar que todas sus piezas, equipo auxiliar y dispositivos de protección se encuentren en estado operativo seguro. El empleador mantendrá registros de estas inspecciones, los cuales incluirán la fecha de inspección, la firma de la persona que realizó la inspección y el número de serie u otra identificación de la prensa mecánica inspeccionada.

(ii) Cada prensa se inspeccionará y probará por lo menos una vez a la semana para determinar la condición del mecanismo de embrague/freno, la función anti-repetición y el mecanismo de una carrera. El mantenimiento o reparaciones necesarias, o ambos, se llevarán a cabo antes de poner en funcionamiento la prensa. El empleador mantendrá registros de estas inspecciones y el trabajo de mantenimiento realizado. Estos requisitos no se aplican a las prensas que cumplen con los párrafos (b) (13) y (14) de esta sección. El empleador mantendrá un registro certificado de las inspecciones, pruebas y trabajo de mantenimiento que incluya la fecha de inspección, la firma de la persona que realizó la inspección, la prueba o el mantenimiento; y el número de serie u otra identificación de la prensa inspeccionada, probada o mantenida.

(2) Modificación. Será responsabilidad de cualquier persona que modifique una prensa mecánica el proporcionar instrucciones con la modificación para establecer pautas nuevas o modificadas de uso y mantenimiento de la prensa mecánica modificada.

(3) Capacitación del personal de mantenimiento. Será responsabilidad del empleador asegurar la aptitud actual y continuada del personal encargado del cuidado, inspección y mantenimiento de las prensas mecánicas.

OSHA 1910.217(f) Operación de las prensas mecánicas

(2) Instrucciones para los operadores. El empleador capacitará e instruirá al operador respecto al método seguro de trabajo antes de que comience a trabajar en cualquier operación cubierta por esta sección. El empleador se asegurará, mediante supervisión adecuada, que se sigan los procedimientos correctos de operación.

(3) Área de trabajo. El empleador proporcionará espacio libre entre las máquinas de manera que el movimiento de un operador no interfiera con el trabajo de otro. También deberá proporcionarse amplio espacio para realizar la limpieza de las máquinas, la manipulación de materiales, piezas de trabajo y



desechos. El piso circundante deberá mantenerse en buen estado y libre de obstrucciones, grasa, aceite y agua.

(4) Sobrecarga. El empleador operará sus prensas según las especificaciones de pesas y tonelaje indicadas por el fabricante.

National Fire Protection Association (NFPA)

La National Fire Protection Association (NFPA) se creó en 1896. Su misión es reducir el efecto de los incendios en la calidad de vida promoviendo códigos y estándares con base científica, así como investigación y educación sobre incendios y aspectos relacionados a la seguridad. La NFPA auspicia muchos estándares para ayudar a llevar a cabo su misión. Dos estándares muy importantes relacionados con la seguridad industrial y la protección son el Código Eléctrico Nacional y el Estándar Eléctrico para maquinaria industrial.

La National Fire Protection Association se ha desempeñado como patrocinador del Código Eléctrico Nacional desde 1911. El documento de código original se desarrolló en 1897 como resultado de la unificación de esfuerzos de diversos grupos de las industrias de seguros, electricidad, arquitectura y grupos aliados. Desde entonces el NEC se ha actualizado muchas veces; se revisa aproximadamente cada tres años. El Artículo 670 del NEC abarca algunos detalles sobre maquinarias industriales y refiere al lector al Estándar Eléctrico para Maquinarias Industriales, NFPA 79.

NFPA 79 es aplicable a equipos eléctricos/electrónicos, aparatos o sistemas de máquinas industriales que funcionan a un voltaje nominal de 600 volts o menos. El propósito de NFPA 79 es proporcionar información detallada para la aplicación de equipos, aparatos o sistemas eléctricos/electrónicos suministrados como parte de máquinas industriales que promueven la seguridad personal y de la propiedad. NFPA 79, que se adoptó oficialmente en 1962, es muy similar en contenido al Estándar del Comité Electrotécnico Internacional IEC 60204-1.

Las máquinas que no están incluidas en los estándares específicos de la OSHA, deben estar libres de fuentes de peligro reconocidas que puedan causar la muerte o lesiones personales graves. Estas máquinas deben diseñarse y mantenerse de manera que se satisfagan o se superen los requisitos de los estándares industriales aplicables. NFPA 79 es un estándar que se aplicaría a las máquinas que no están específicamente cubiertas por los estándares de OSHA.

Estándares nacionales en EE.UU.

El American National Standards Institute (ANSI) sirve como administrador y coordinador del sistema de estandarización voluntaria del sector privado de los Estados Unidos. Es una organización de miembros privada y sin fines de lucro, que tiene el apoyo de un grupo diverso de organizaciones de los sectores privado y público.

ANSI, no desarrolla estándares; facilita el desarrollo de estándares estableciendo consenso entre grupos calificados. ANSI también asegura que los grupos calificados sigan los principios de apertura y consenso, y los procedimientos debidos. A continuación se ofrece una lista parcial de estándares de seguridad que pueden obtenerse mediante ANSI.

- ANSI B11.1 *Máquinas herramienta – Prensas de potencia mecánica – Requisitos de seguridad para construcción, mantenimiento y uso*
- ANSI B11.2 *Máquinas herramienta – Prensas de potencia hidráulica – Requisitos de seguridad para construcción, mantenimiento y uso*
- ANSI B11.3 *Frenos de prensa mecánica, requisitos de seguridad para la construcción, mantenimiento y uso*
- ANSI B11.4 *Máquinas herramienta – Cortadoras – Requisitos de seguridad para construcción, mantenimiento y uso*
- ANSI B11.5 *Máquinas herramienta – Trabajadores de hierro – Requisitos de seguridad para construcción, mantenimiento y uso*
- ANSI B11.6 *Tornos, requisitos de seguridad para construcción, mantenimiento y uso*
- ANSI B11.7 *Máquinas herramienta – Formación de cabeza en frío y moldeado en frío, requisitos de seguridad para construcción, mantenimiento y uso*
- ANSI B11.8 *Máquinas perforadoras, de fresado y barrenadoras, requisitos de seguridad para construcción, mantenimiento y uso*
- ANSI B11.9 *Máquinas de esmerilado, requisitos de seguridad para la construcción, mantenimiento y uso*
- ANSI B11.10 *Máquinas de sierra para metal, requisitos de seguridad para la construcción, mantenimiento y uso*
- ANSI B11.11 *Máquinas de corte de engranajes, requisitos de seguridad para la construcción, mantenimiento y uso*
- ANSI B11.12 *Máquinas herramientas – Máquinas de formación de rollos y flexión de rollos – Requisitos de seguridad para construcción, mantenimiento y uso*
- ANSI B11.13 *Máquinas herramienta – Máquinas automáticas portaherramientas y de barra de un eje y múltiples ejes – Requisitos de seguridad para construcción, mantenimiento y uso*
- ANSI B11.14 *Máquinas herramienta – Requisitos de seguridad para construcción, mantenimiento y uso de máquinas ranuradoras de bobinas*
- ANSI B11.15 *Máquinas de formación y flexión de tuberías y tubos, requisitos de seguridad para construcción, mantenimiento y uso*
- ANSI B11.16 *Prensas compactadoras de polvo metálico, requisitos de seguridad para construcción, mantenimiento y uso*
- ANSI B11.17 *Máquinas herramienta – Prensas de extrusión hidráulica horizontal – Requisitos de seguridad para construcción, mantenimiento y uso*
- ANSI B11.18 *Máquinas herramienta – Máquinas y sistemas de maquinaria para procesamiento de bandas, planchas o placas de configuración en rollos – Requisitos de seguridad para construcción, mantenimiento y uso*
- ANSI B11.19 *Máquinas herramienta – Protección en caso de referencia por otros Estándares de seguridad de máquinas herramientas B11 – Criterios de desempeño para el diseño, construcción, mantenimiento y operación*
- ANSI B11.20 *Máquinas herramienta – Sistemas/celdas de fabricación – Requisitos de seguridad para construcción, mantenimiento y uso*
- ANSI B11.21 *Máquinas herramienta – Máquinas herramienta que usan rayos láser para el procesamiento de materiales – Requisitos de seguridad para diseño, construcción, mantenimiento y uso*



ANSI B11.1 *Máquinas de moldeo por inyección horizontal – Requisitos de seguridad para la fabricación, mantenimiento y uso*

ANSI B151.15 *Máquinas de moldeo por soplado de extrusión – Requisitos de seguridad*

ANSI B151.21 *Máquinas de moldeo por soplado de inyección – Requisitos de seguridad*

ANSI B151.26 *Maquinaria de plásticos – Reacción dinámica – Máquinas de moldeo por inyección – Requisitos de seguridad para la fabricación, mantenimiento y uso*

ANSI B151.27 *Maquinaria de plásticos – Robots usados con máquinas de moldeo por inyección horizontal – Requisitos de seguridad para la integración, mantenimiento y uso*

ANSI B151.28 *Maquinaria de plásticos – Máquinas para cortar, ranurar o pulir espumas de plástico – Requisitos de seguridad para la fabricación, mantenimiento y uso*

ANSI B11.1 *Maquinaria de envasado y maquinaria de conversión relacionada con envasado – Requisitos de seguridad para construcción, mantenimiento y uso*

ANSI B65.1 *Estándar de seguridad-Sistemas de prensas de impresión*

ANSI/NFPA 70 *Código Eléctrico Nacional*

ANSI/NFPA 70E *Requisitos de seguridad eléctrica para empleados en el lugar de trabajo*

ANSI/NFPA 79 *Estándar eléctrico para maquinaria industrial*

ANSI/RIA 15.06 *Requisitos de seguridad para robots y sistemas robóticos industriales*

Organizaciones

Las organizaciones que proporcionan copia de los estándares y directivas son:

ANSI—American National Standards Institute

11 West 42nd Street, New York, NY 10036
Teléfono: 212/642-4900
Fax (para hacer pedidos): 212/302-1286
Fax (general): 212/398-0023
Internet: www.ansi.org

International Electromechanical Commission (IEC)

3, rue de Varembe, P.O. Box 131 CH 1211 Geneva 20 Suiza
Teléfono: 011-41-22-919-0211
Fax: 011-41-22-919-0300
Internet: www.iec.ch/

International Organization for Standardization (ISO)

1, rue de Varembe, CH 1211 Geneva 20 Suiza
Teléfono: 011-41-22-749-0111
Fax: 011-41-22-733-3430
Internet: www.iso.ch/

British Standards Institution

389 Chiswick High Road, London W4 4AL Reino Unido
Teléfono: 011-44-181-996-9000
Fax: 011-44-181-996-7400
Internet: www.bsi.org.uk/

Global Engineering Documents

7730 Carondelet Ave., Suite 407, St. Louis, MO 63105
Teléfono: 800/854-7179
Fax: 314/726-6418
Internet: <http://global.ihs.com>

CEN--European Committee for Standardization Central Secretariat

rue de Stassart 36, B-1050, Brussels, Bélgica
Teléfono: 011-32-2-550-0819
Fax: 011-32-2-550-0811
Internet: <http://tobbi.iti.is/cen/welcome.html>

CENELEC--European Committee for Electrotechnical Standardization Central Secretariat

rue de Stassart 35, B-1050, Brussels, Bélgica
Teléfono: 011-32-2-51-96-919
Fax: 011-32-3-51-96-871

OSHA--Occupational Safety & Health Administration

U.S. Department of Labor
200 Constitution Avenue, NW
Washington, DC 20210
Teléfono: 202/693-1999
Internet: <http://www.osha.gov>

Reglamentos de seguridad australianos

Standards Association of Australia
1 The Crescent
Homebush, NSW 2104
Teléfono: 202/693-1999
Internet: <http://www.standards.com.au>

AS 4024.1-1996 *Protección de maquinaria. Parte 1: Principios generales*

Este estándar identifica los peligros y riesgos asociados con la maquinaria industrial y describe los métodos de reducción de riesgos. También describe e ilustra los principios de seguridad y medidas de protección que deben aplicarse durante el ciclo de vida de la maquinaria.

AS4024.2-1998 *Protección de maquinaria. Parte 2: Requisitos de instalación y puesta en marcha de sistemas electro-sensibles—Dispositivos optoelectrónicos*

La base de este estándar es IEC61496-1 y -2. La Parte 2 cubre la instalación y puesta en marcha de cortinas de luz de seguridad relacionadas específicamente con la seguridad de la maquinaria.

AS 4024.3-1998 *Protección de maquinaria. Parte 3: Requisitos de fabricación y prueba de sistemas electro-sensibles—Dispositivos optoelectrónicos*

La base de este estándar es IEC61496-1 y -2. La Parte 3 cubre la fabricación y prueba de cortinas de luz de seguridad relacionadas específicamente con la seguridad de la maquinaria.

AS4024.4-1998 *Protección de maquinaria. Parte 4: Requisitos de instalación y puesta en marcha de sistemas electro-sensibles—Dispositivos sensibles a la presión*

La base de este estándar es EN1760-1 y EN1760-2. La Parte 4 cubre la instalación y puesta en marcha de tapetes de seguridad, pisos, bordes y barras usados con maquinaria, independientemente de la energía utilizada.

AS 4024.5-1998 *Protección de maquinaria. Parte 5: Requisitos de fabricación y prueba de sistemas electro-sensibles—Dispositivos sensibles a la presión*

La base de este estándar es EN1760-1 y EN1760-2. La Parte 5 cubre la fabricación y prueba de tapetes de seguridad, pisos, bordes y barras usados con maquinaria, independientemente de la energía utilizada.



