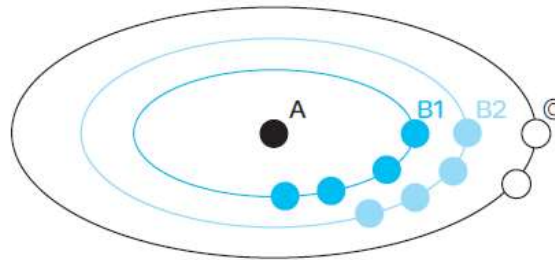


SEGURIDAD INDUSTRIAL

NORMATIVA

Las normas europeas de Seguridad para Máquinas forman la siguiente estructura:



Estas categorías se desarrollaron por el Comité Europeo de Normalización (CEN) en 1980: EN 954-1

- **Normas de tipo A.** Normas básicas de seguridad: Aportan conceptos básicos, principios de diseño y aspectos generales que pueden aplicarse a todas las máquinas.
- **Normas de tipo B.** Normas de seguridad genéricas: Tratan sobre un aspecto de la seguridad o un tipo de dispositivo de seguridad que puede utilizarse en una amplia gama de máquinas.
 - **Normas de tipo B1:** sobre aspectos particulares de la seguridad (por ejemplo, distancias de seguridad, temperatura de superficies, ruido).
 - **Normas de tipo B2:** sobre dispositivos de seguridad (por ejemplo, mando bimanual, dispositivos de enclavamiento, dispositivos de protección sensibles a la presión, protectores)
- **Normas de tipo C** (Normas de seguridad para máquinas) relativas a requisitos de seguridad específicos para una máquina o un grupo de máquinas determinado.

NORMATIVA

- ✓ Las normas de tipo C tienen prioridad sobre las de nivel B y A, y las normas de nivel B sobre las de nivel A.
- ✓ La norma **ISO 14100:2012** es de tipo A y dictamina las evaluaciones de riesgo de una máquina en general. Anula la ISO 14121, que ya no está vigente.
- ✓ Actualmente las normas relativas a máquinas más importantes son: UNE-EN ISO 13849-1 y UNE-EN IEC 62061 (2005). Ambas certifican la seguridad de máquinas y reducen la probabilidad de lesión de usuarios, y establecen niveles de seguridad similares.
- ✓ La norma **UNE-EN IEC 60204** es más específica y se refiere a los equipos eléctricos de la máquina.
- ✓ La norma **EN 954-1** se basaba en la estructura de los sistemas de seguridad SSF (Fail-safe system) pero no en su fiabilidad, por ello fue sustituida por la UNE-EN ISO 13849-1.

NORMATIVA

EN ISO 12100-1	A	Seguridad de las máquinas - Conceptos básicos, principios generales para el diseño. Parte 1: Terminología básica, metodología.
EN ISO 12100-2	A	Seguridad de las máquinas - Conceptos básicos, principios generales para el diseño. Parte 2: Principios técnicos.
EN ISO 14121-1	A	Seguridad de las máquinas. Evaluación del riesgo. Parte 1: Principios.
EN 574	B	Dispositivos de mando a dos manos.
EN ISO 13850	B	Parada de emergencia - Principios de diseño.
EN IEC 62061	B	Seguridad funcional de sistemas de control electrónicos programables, electrónicos y eléctricos relativos a la seguridad.
EN ISO 13849-1	B	Seguridad de maquinaria - Partes de los sistemas de mando relativos a la seguridad. Parte 1: Principios generales para el diseño.
EN 349	B	Distancias mínimas para evitar el aplastamiento de partes del cuerpo humano.
EN SO 13857	B	Seguridad de maquinaria - Distancias de seguridad para evitar que las extremidades inferiores y superiores lleguen a zonas de peligro.
EN IEC 60204-1	B	Seguridad de maquinaria - Equipo eléctrico de máquinas - Parte 1: requisitos generales.
EN 999 ISO 13855	B	Posicionamiento de los equipos de protección en función de las velocidades de aproximación de partes del cuerpo humano.
EN 1088 ISO 14119	B	Dispositivos de enclavamiento asociados a resguardos - Principios de diseño y selección.
EN IEC 61496-1	B	Equipos de protección electrosensibles Parte 1: Requisitos generales y ensayos.
EN IEC 60947-5-5	B	Aparata de baja tensión - Parte 5-5: Aparatos y elementos de conmutación para circuitos de mando - Aparato de parada de emergencia eléctrica con enclavamiento mecánico.
EN 842	B	Señales visuales de peligro - Requisitos generales, diseño y ensayos.
EN 1037	B	Prevención de una puesta en en marcha intempestiva.
EN 953	B	Resguardos - Requisitos generales para el diseño y construcción de resguardos fijos y móviles.
EN 201	C	Maquinaria de plásticos y caucho - Máquinas de moldeo por inyección - Requisitos de seguridad.
EN 692	C	Máquinas-Herramienta - Prensas mecánicas - Requisitos de seguridad.

EN 693	C	Máquinas-Herramienta - Prensas hidráulicas - Requisitos de seguridad.
EN 289	C	Máquinas de plástico y caucho - Seguridad - Máquinas de moldeo por soplado indicadas para la producción de artículos huecos - Requisitos de diseño y construcción.
EN 422	C	Máquinas de moldeo por soplado para la producción de piezas huecas - Requisitos de diseño y construcción.
EN ISO 10218-1	C	Robots para entornos industriales - Requisitos de seguridad - Parte 1: Robot.
EN 415-4	C	Seguridad de las máquinas de embalaje - Parte 4: paletizadoras y despaletizadoras.
EN 619	C	Equipos y sistemas de manipulación continua - Requisitos de seguridad y EMC para equipos de manipulación mecánica de cargas de unidad.
EN 620	C	Equipos y sistemas de manipulación continua - Requisitos de seguridad y EMC de cintas transportadoras fijas para material a granel.

NORMATIVA

- **Responsabilidades del fabricante**

Los fabricantes que introduzcan al mercado máquinas en el Área Económica Europea deben cumplir con los requisitos de la Directiva de Máquinas: **DIRECTIVA 2006/42/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO** de 17 de mayo de 2006 relativa a las máquinas y por la que se modifica la Directiva 95/16/CE (refundición)

Al indicar “introducir al mercado” se incluye el caso de una organización que suministre una máquina para sí misma, es decir, **fabricar o modificar máquinas para su propio uso o importar máquinas dentro del Área Económica Europea.**

- **Responsabilidades del usuario**

Los usuarios de las máquinas deben asegurarse de que las máquinas recién adquiridas llevan **el Mercado CE e incluyen la Declaración de Conformidad con la Directiva de Máquinas.** Las máquinas deben utilizarse según las instrucciones del fabricante. Las máquinas existentes que fueron puestas en servicio antes de la entrada en vigor de la Directiva de Máquinas no tienen que cumplir con ella, aunque deberán ser seguras y aptas para su propósito.

La modificación de las máquinas puede considerarse como fabricación de una nueva máquina, aunque sea para uso interno y la empresa que **modifique la máquina debe ser consciente de que podría necesitar emitir una Declaración de conformidad y de incluir el Mercado CE.**

SEGURIDAD DE MÁQUINAS



1- SEGURIDAD DE MÁQUINAS

La seguridad de funcionamiento es un concepto global que interviene en todas las fases de un proyecto industrial: Diseño, construcción, instalación, puesta a punto, utilización y mantenimiento.

La seguridad consiste en la combinación de dos conceptos: **seguridad y disponibilidad**.

- **Seguridad:** Se considera que un dispositivo es seguro cuando éste reduce hasta un nivel aceptable el riesgo que corren las personas.
- **Disponibilidad:** Caracteriza la capacidad de un sistema o de un dispositivo para cumplir su función en un momento dado o durante un periodo determinado (fiabilidad, facilidad de mantenimiento, etc.).

SEGURIDAD DE MÁQUINAS



Los accidentes laborales son sufridos, durante el desempeño de una actividad laboral, por las personas que trabajan con máquinas o realizan intervenciones en las mismas (instaladores, operarios, encargados de mantenimiento, etc) y que provocan heridas de diversa consideración.

Las causas de los accidentes laborales pueden ser los siguientes:

- **Fallos humanos.** Pueden ser tanto de los diseñadores de la máquina como de los usuarios. Dentro de este grupo se pueden tener los siguientes:
 - Conocimiento insuficiente del diseño de la máquina.
 - Familiarización con los riesgos debido a la rutina y comportamiento imprudente ante el peligro.
 - Infravaloración del peligro y, en consecuencia, neutralización de los sistemas de protección.
 - Pérdida de atención en las tareas de vigilancia debido al cansancio.
 - Incumplimiento de los procedimientos recomendados.
 - Mantenimiento insuficiente o incorrecto, lo que genera riesgos imprevistos.

SEGURIDAD DE MÁQUINAS

- **Fallos de las máquinas:**

- Dispositivos de protección inadecuados.
- Sistemas de control y de mando sofisticados.
- Riesgos inherentes a la propia máquina (movimiento alterno, arranque accidental, paro inseguro).
- Máquinas inadecuadas para determinados usos o entornos (por ejemplo la alarma no se oye debido al ruido del parque de máquinas).

- **Fallos de las instalaciones:**

- Circulación de las personas (líneas de producción automatizadas).
- Ensamblaje de máquinas de procedencias y tecnologías diferentes.
- Flujo de materiales o productos entre las máquinas.

SEGURIDAD DE MÁQUINAS

Consecuencias de accidentes:

- Lesiones de mayor o menor gravedad sufridas por el usuario.
- Paro de la producción de la máquina.
- Inmovilización del parque de máquinas similares hasta que sean revisadas por ejemplo por la inspección de trabajo.
- Modificación de las máquinas para adaptarlas a las normas.
- Cambio de personal y formación para ocupar el puesto de trabajo.

Costes de los accidentes:

- Costes directos:
 - Indemnización por daños corporales: En la Unión Europea, se paga todos los años una cantidad equivalente a 20.000 millones por este concepto.
 - Aumento de la prima de seguros para la empresa
- Costes indirectos:
 - Penalizaciones e indemnizaciones, costes de adecuación de la maquinaria.
 - Pérdidas de producción, e incluso de clientes.

EVALUACIÓN de RIESGOS

Para que una máquina u otro equipo sean seguros, es necesario evaluar los riesgos que pueden resultar de su uso. La evaluación y la reducción de riesgos de las máquinas en general se describen en **EN ISO 14121-1**.

- Existen diversas técnicas para la evaluación de riesgos y **no se puede afirmar que ninguna sea la correcta para realizar la evaluación**
- La normativa especifica algunos principios generales para indicar un valor o ‘puntuación’ para cada riesgo y un valor objetivo, pero estos valores depende de una serie de estimaciones que variarán en función de la persona que realice la evaluación.

EVALUACIÓN de RIESGOS

Para realizar una correcta evaluación de riesgos deben seguirse los siguientes pasos:

1- Identificar los límites de la máquina. Acotar sobre que se está realizando la correspondiente evaluación de riesgos.

- ¿qué se está evaluando?
- **variables de producción que están implicadas:** velocidades, cargas, sustancias, etc.

Por ejemplo:

¿cuántas botellas moldea por soplado un extrusor por hora?,

¿cuánto material se procesa y a qué temperatura?

Debe incluirse el uso indebido predecible, como el uso posible de una máquina fuera de su especificación.

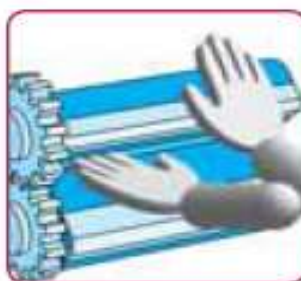
2- Identificar los peligros: aspectos de la máquina podrían causar daños a las personas:

- Atrapamientos, aplastamientos, cortes de herramientas, bordes afilados en la máquina o en el material que se procese
- Estabilidad de la máquina, el ruido, la vibración y la emisión de sustancias o las radiaciones, así como las quemaduras de superficies calientes, sustancias químicas o fricción debido a altas velocidades.
- Todos los peligros que puedan estar presentes durante el ciclo de vida de la máquina, incluida la construcción, la instalación, el desmontaje y eliminación.

EVALUACIÓN de RIESGOS



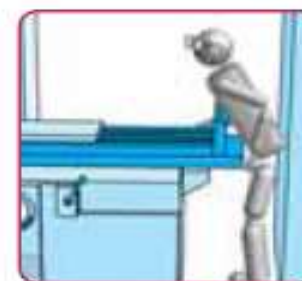
Pinchazo, perforación,
cizallamiento,
amputación, corte



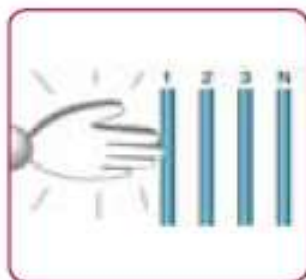
Aprisionamiento,
atrapamiento, succión,
enganche



Golpes



Aplastamiento



Electrocución



Proyección de
sustancias peligrosas



Quemaduras

Fuente: "Soluciones de seguridad preventiva" Schneider Electric / Telemecanique

EVALUACIÓN de RIESGOS

3- Identificar usuarios: Debe preverse el uso indebido, incluida la posibilidad de que una persona no cualificada utilice la máquina y que podría encontrarse en el lugar de trabajo, es decir, no sólo operarios de las máquinas, sino personal de limpieza, de seguridad, visitantes y resto de personas.

- Quién interactúa con la máquina
- Cuándo realiza tareas
- Tareas que realiza

4- Estimación de Riesgos. La norma EN ISO 14121-1 determina que debe establecerse prioridades de los riesgos en función de su gravedad. Esto se puede realizar multiplicando el posible daño procedente del peligro por la exposición a éste, teniendo en cuenta que puede estar expuesta más de una persona.

Aunque normalmente hay más de una posible consecuencia, una siempre será más posible que el resto. Deberán tenerse en cuenta todas las consecuencias posibles, no sólo la peor.



EVALUACIÓN de RIESGOS

5- Reducción de riesgos.

La reducción de riesgos se incluye en la norma EN ISO 12100-2 (seguridad de las máquinas, conceptos básicos, principios generales para el diseño. Parte 2: Principios técnicos). Se define en términos de eliminación del riesgo:

“el objetivo de las medidas adoptadas debe ser eliminar cualquier riesgo a lo largo de la vida útil previsible de la máquina, incluidas las fases de transporte, montaje, desmontaje, desactivación y desmontaje”.

- **Si se puede reducir un riesgo, deberá reducirse.** No obstante, deberá atenuarse según las realidades comerciales y las normativas, de manera razonable, ya que puede que no sea posible eliminar algunos riesgos sin un coste desproporcionado.
- **El proceso de la evaluación de riesgos es iterativo:**
 - Identificar los riesgos, establecer prioridades entre ellos, cuantificarlos
 - Diseñar medidas para reducirlos: diseño seguro y protecciones
 - Repetir para evaluar si los riesgos individuales se han reducido hasta un nivel tolerable y que no se han introducido riesgos adicionales.

EVALUACIÓN de RIESGOS



DISEÑO SEGURO y PROTECCIÓN

1- Diseño seguro

Diseño inherentemente seguro de la máquina. Es el único modo de reducir un riesgo a cero. Algunos ejemplos en este sentido podrían ser:

- Si se evitan los bordes afilados, las esquinas y las protuberancias, se pueden evitar cortes y rasguños.
- Si se aumenta la distancia mínima, se pueden evitar aplastamientos de partes del cuerpo,
- Si se reduce la distancia máxima se puede eliminar la posibilidad de introducción de partes del cuerpo.
- Si se reducen las fuerzas, las velocidades y las presiones, se pueden reducir los riesgos de lesiones.
- El uso de un disolvente no inflamable para las tareas de limpieza puede eliminar el peligro de incendio asociado a los disolventes inflamables.
- Al eliminar la transmisión del final del rodillo en un transportador se reducirá la posibilidad de que alguien quede atrapado en el rodillo.

DISEÑO SEGURO y PROTECCIÓN

2- Protecciones

Cuando no es posible aplicar un diseño inherentemente seguro, deben tomarse medidas de protección, por ejemplo:

- protecciones fijas
- protecciones de enclavamiento
- detección de presencia para evitar arranques inesperados
- etc.

La protección debe evitar que **las personas entren en contacto con los peligros**, o bien reducir los peligros a un nivel seguro, antes de que la persona pueda entrar en contacto con ellos.

Resguardos

Barrera diseñada como parte de una máquina para proporcionar protección (normativa EN953-EN14122-1 a 4)

- **Fijo:** no son extraíbles salvo destruyendo alguna fijación
- **Móvil o regulable:** fácilmente extraíble o movable sin herramientas o accionado o enclavado eléctricamente

DISEÑO SEGURO y PROTECCIÓN

- **Envolvente:** impide el acceso desde cualquier lado
- **Distanciador:** no cierra totalmente la máquina pero no permite el acceso debido a sus dimensiones
- **Con enclavamiento:** fijado de manera que solo puede extraerse o moverse mediante herramientas

Diseño de los resguardos:

- Aspectos relativos a la máquina
- Aspecto humanos:
 - Distancias de seguridad: impiden que cualquier extremidad del cuerpo acceda a una zona peligrosa
 - Control de acceso a zona peligrosa: los resguardos móviles no podrán cerrarse mientras haya operarios dentro de la zona peligrosa
 - Visibilidad: permiten que se visualice la operación de la máquina
 - Ergonomía
- Aspectos relativos al diseño y construcción
 - Aplastamiento, atrapamiento, durabilidad, higiene, limpieza, contaminantes
 - Deberán mantener en posición mediante un tope
 - El enclavamiento siempre debe ser mediante herramienta (no valen tornillos o tuercas que se manipulen con la mano)
 - Aristas vivas, materiales resistentes, etc

DISEÑO SEGURO y PROTECCIÓN

2.1 – Protecciones eléctricas

Desde un punto de vista eléctrico en toda máquina se deberá desarrollar un circuito de seguridad, el objetivo final de este circuito de seguridad será simplemente desconectar la alimentación de los elementos que puedan representar un peligro (si un motor eléctrico es desconectado y se detiene, en el momento que está parado y sin tensión no supone ningún peligro para la seguridad de una persona).

El circuito de seguridad tendrá básicamente tres partes: las detecciones de seguridad, los controladores de seguridad y las salidas:

- **Detecciones de Seguridad:** Serán todos los elementos que detecten que se ha producido una situación de emergencia, por ejemplo una seta de emergencia, un micro de puerta, una barrera de seguridad fotoeléctrica, etc.
- **Controladores de Seguridad:** Son los módulos electrónicos que monitorizarán las detecciones de seguridad y que detectarán si son accionadas (sistema de “preventa”).
- **Salidas:** Son los elementos que van a cortar la alimentación de los accionamientos, dejándolos consecuentemente desconectados. Típicamente son contactores que son actuados a través de los controladores de seguridad.



DISEÑO SEGURO y PROTECCIÓN



El circuito de seguridad tendrá tres partes: las detecciones de seguridad, los controladores de seguridad y las salidas:

- 1- El **controlador** está continuamente vigilando las detecciones de seguridad
- 2- Si **alguno de los detectores** se activa (por ejemplo si se pulsa una seta de emergencia) desactiva los contactores de salida. La maquina queda desconectada eléctricamente
- 3- El controlador obliga a que los detectores no estén activos (y la seta de emergencia desenclavada) para poner en marcha la máquina.

Modos de trabajo

Se definen como mínimo tres modos de trabajo en una máquina: **manual, semiautomático y automático.**

- Se seleccionan mediante un selector con enclavamiento.
- Al seleccionar cualquier modo se anula cualquier otro modo.
- Solo autoriza el funcionamiento en caso de riesgo reducido.

DISEÑO SEGURO y PROTECCIÓN

Modo manual:

- Modo de comprobación, test, reparación, mantenimiento, etc
- Se pueden anular elementos protectores
- Marcha de la máquina con validación, bimanuales, hombre muerto, etc
- Reducción de velocidad. Máximas permitidas.

Prensas: 10mm/s

Robots: 250mm/s

Semiautomático:

- Protecciones pueden estar abiertos eliminando alguna protección
- Velocidad de trabajo normal
- Mando de validación para inicio
- Supervisiones, fin de ajustes

Automático:

- Protecciones cerradas
1. Limitar zonas de trabajo de carga y descarga manual mediante dispositivos de seguridad (electromecánicos)
 2. Enlaces de varias líneas: bien delimitadas, paro de emergencia por línea. Todos los paros de emergencia deben parar la línea intermedia.

LOTO (Lock Out/Tag Out)

Bloquear con candado el interruptor que energiza una máquina para su manipulación en tareas de mantenimiento. El candado tiene una etiqueta con el nombre del operario y solo él puede manipularlo. Para varios operarios se utilizan candados de bloqueo multihoyos.



DISEÑO SEGURO y PROTECCIÓN

Rearme de los dispositivos de protección:

1. Situado fuera de la zona de peligro y accionado desde el exterior
2. Situado en una posición segura que permita ver toda la máquina
3. Medidas preventivas que aseguren que ningún operario está en zona de peligro
4. El operario debe tener cercano un accionamiento que detenga el proceso de rearme

DETECTORES DE SEGURIDAD

1. Parada de emergencia

- Son necesarias para todas las máquinas (son obligatorias)
- No se consideran un medio fundamental para la reducción de riesgos.
- Se consideran “medidas protectoras complementarias”. Se utilizan únicamente como sistema complementario en caso de emergencia. Deben ser robustas, fiables y estar disponibles en todas las posiciones en las que pueda ser necesario accionarlas.
- Su diseño debe garantizar que, aunque se pulse el botón muy lentamente o se tire del cable, si el contacto se abre (normalmente cerrado), el mecanismo debe enclavarse
- El enclavamiento no debe producirse a menos que se abra el contacto de NC.
- Los dispositivos de parada de emergencia deben cumplir con EN IEC 60947-5-5.

DETECTORES DE SEGURIDAD

EN IEC 60204-1 define las siguientes tres categorías de funciones de parada:

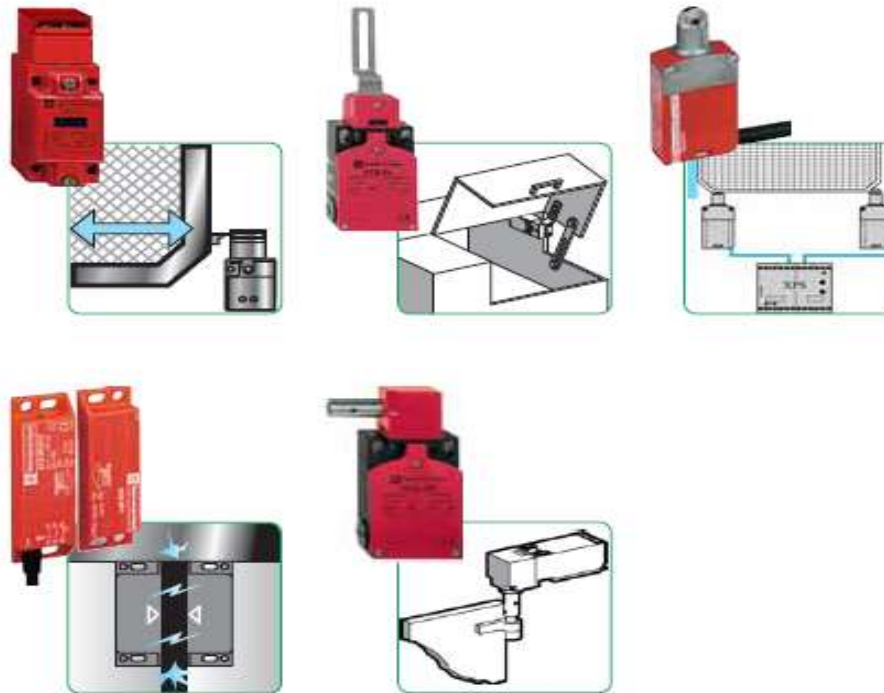
- **Categoría de parada 0:** parada mediante la interrupción inmediata de la alimentación de los accionadores de la máquina. Es una parada no controlada.
- **Categoría de parada 1:** Se dispone la máquina a estado seguro y se corta la energía a los accionamientos. Es una parada controlada, en la que se mantienen alimentados los accionadores para que puedan detener la máquina e interrupción de la alimentación cuando se ha obtenido la parada.
- **Categoría de parada 2:** Estado seguro de la máquina pero no se corta la energía a los accionamientos. La categoría de parada 2 normalmente no se considera de emergencia.



DETECTORES DE SEGURIDAD

2. Interruptores de enclavamiento

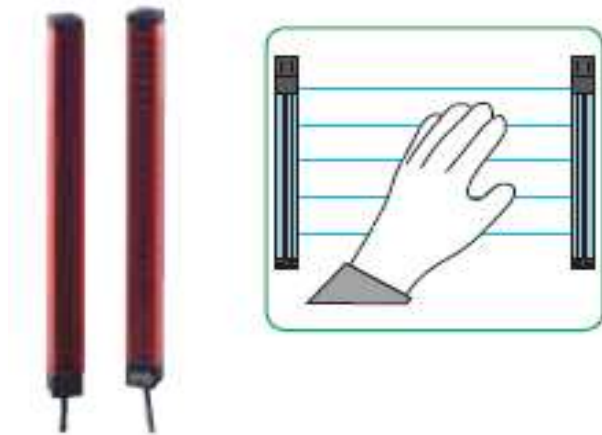
- Detectan la posición de las protecciones móviles.
- Normalmente se abren para permitir tareas como la carga/descarga, la limpieza, la configuración, el ajuste, etc.



DETECTORES DE SEGURIDAD

3. Barreras ópticas

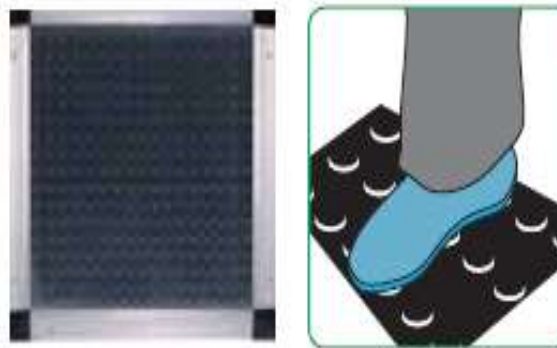
- Detectar la aproximación a áreas peligrosas.
- Detecta dedos, las manos o el cuerpo (resolución de hasta 14 mm, 30 mm y más de 30 mm).
- Se utilizan en aplicaciones de manutención, packaging, cintas transportadoras, en las tareas de almacenamiento y otras aplicaciones.
- Protección de las personas que operen o trabajen en la cercanía de las máquinas, deteniendo los movimientos peligrosos de las partes en el momento en el que se corten los haces de luz.
- Permiten un acceso libre a las máquinas. La ausencia de puertas y protecciones reduce el tiempo necesario para cargar, inspeccionar, o realizar ajustes y facilita el acceso.



DETECTORES DE SEGURIDAD

4. Alfombras de seguridad

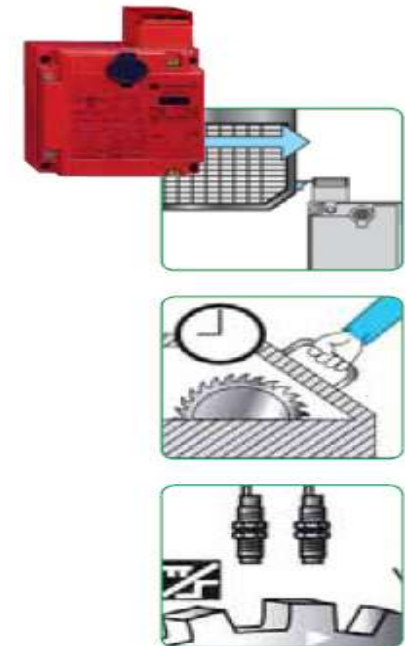
- Detectan las personas cuando entran en contacto con la alfombra y provocan la parada del movimiento peligroso
- Detectar la aproximación a áreas peligrosas
- Se emplean frente o alrededor de máquinas o robots potencialmente peligrosos
- Proporcionan una zona de protección entre los operarios de la máquina y los movimientos peligrosos
- Complemento a los productos de seguridad como las barreras inmateriales y permiten el acceso libre para la carga y descarga de las máquinas.



DETECTORES DE SEGURIDAD

5. Enclavamientos por electroimán

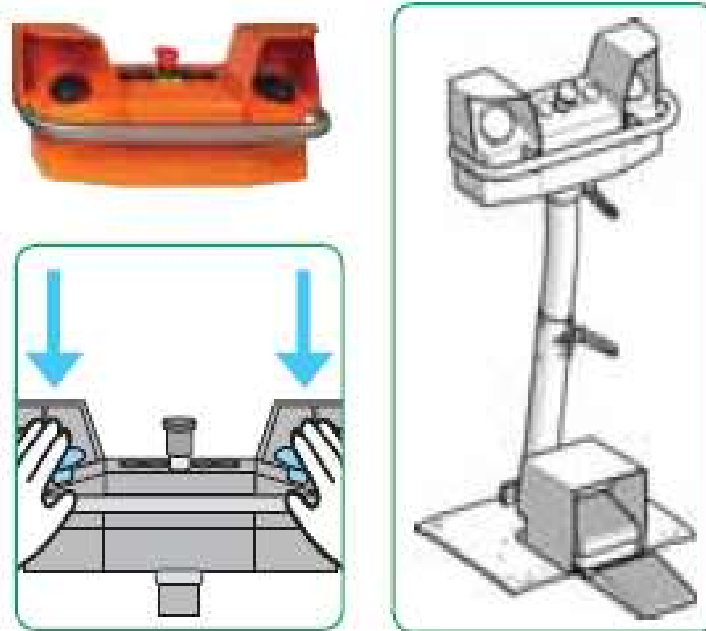
- Evitan la apertura de las protecciones durante fases peligrosas de funcionamiento
- Se utilizan en cargas de alta inercia, es decir, en los casos en los que **el tiempo de detención es largo** y es preferible permitir el acceso únicamente cuando se haya detenido el movimiento peligroso
- **Se utilizan a menudo en un circuito con temporización** (en el que se conoce y define el tiempo de detención de la máquina) o en la parada real de velocidad cero (en la que el tiempo de parada puede variar) para permitir el acceso únicamente cuando se den condiciones seguras.
- Reduce al mínimo la posibilidad de fallos y defectos:
 - Es necesario el uso de una herramienta para retirarlo o ajustarlo
 - Obstrucción física o blindaje para evitar el acceso al dispositivo de interbloqueo cuando la protección está abierta, el soporte de los dispositivos debe ser suficientemente rígido como para mantener el funcionamiento correcto.



DETECTORES DE SEGURIDAD

6. Mandos bimanuales

- Se utilizan para garantizar que el operario se encuentra lejos del área de peligro al realizar movimientos peligrosos (por ejemplo, recorrido descendente en aplicaciones de prensa).
- Sirven de protección principalmente al operario de la máquina.
- Se puede proporcionar protección complementaria para el personal con otras medidas, como la colocación de barreras inmateriales.



CONTROLADORES DE SEGURIDAD

Controladores de seguridad

- Las señales de los dispositivos de protección normalmente se controlan con **relés de seguridad, controladores de seguridad o autómatas de seguridad**, que a su vez se utilizan para accionar (y a veces supervisar) dispositivos de salida, como contactores.
- **Factores de elección:**
 - Número de entradas de seguridad
 - El coste
 - Complejidad de las funciones de seguridad
 - La necesidad de reducir el cableado mediante descentralización con un bus de campo
 - La necesidad de enviar señales de seguridad o datos en largas distancias a través de máquinas de gran tamaño o entre máquinas en grandes centros.
 - El uso de dispositivos electrónicos complejos y software en los controladores de seguridad y los autómatas de seguridad

CONTROLADORES DE SEGURIDAD

- La Directiva de Máquinas indica que “los sistemas de control deben diseñarse y montarse de modo que se evite la generación de situaciones peligrosas”.
- No especifica el uso de ninguna norma determinada, pero el uso de un sistema de control que cumpla los requisitos de las normas armonizadas es una forma de demostrar el cumplimiento de este requisito de la Directiva de Máquinas.
- Dos de las normas disponibles en el momento de publicación del presente documento son EN ISO 13849-1 y EN IEC 62061.



CONTROLADORES DE SEGURIDAD



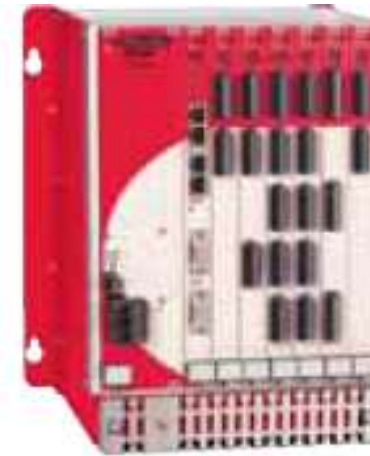
Relé de seguridad



Controlador de seguridad



Autómata de seguridad compacto



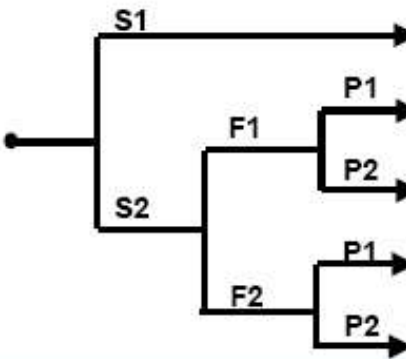
Autómata de seguridad modular

SEGURIDAD FUNCIONAL

Categorías según ISO 14121-1

El riesgo de una máquina se evalúa según la norma ISO 14121-1, a partir de los siguientes criterios:

- **Criterio 1 (S).** Resultado del accidente.
 - S1:** Lesión leve (normalmente reversible).
 - S2:** Lesión grave e irreversible o muerte de una persona
- **Criterio 2 (F):** Presencia en la zona peligrosa (frecuencia – duración).
 - F1:** De escasa a bastante frecuente.
 - F2:** De frecuente a permanente.
- **Criterio 3 (P):** Posibilidad de prevenir el accidente.
 - P1:** Posible en determinadas circunstancias.
 - P2:** Casi imposible.



categorías					
B	1	2	3	4	
S1	•	●	●	●	
F1	•	●	●	●	
S2	•	●	●	●	
F2	•	•	●	●	
P1	•	•	•	•	
P2	•	•	•	•	

- Cat. recomendada
- Medida sobredimensionada para el riesgo considerado
- Cat. posible pero con medidas adicionales (mantenimiento preventivo)

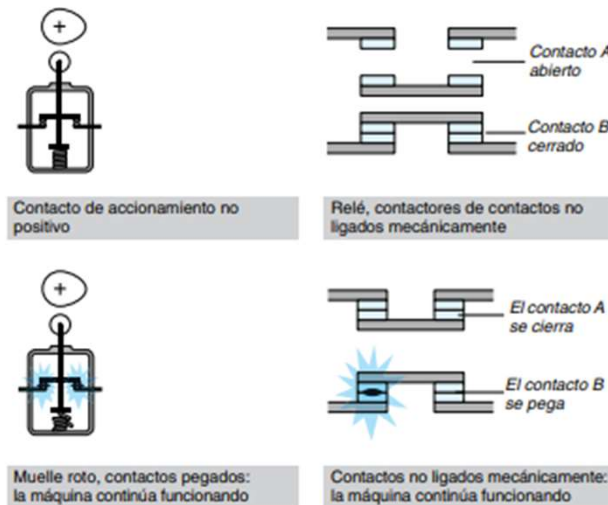
Se aplica la siguiente tabla en función de los criterios anteriormente establecidos y se obtiene la categoría de seguridad adecuada

SEGURIDAD FUNCIONAL

Es necesario contemplar el **posible fallo del sistema de seguridad**, es por ello que, para las categorías más altas, sea necesario buscar la mínima probabilidad de fallo mediante la colocación de sistemas repetidos para la misma función de protección (redundancias).

En caso de fallo o de peligro, los sistemas de seguridad deben cortar la potencia del circuito mediante la utilización de contactores. Esto contactores pueden fallar debido a la temperatura, condiciones ambientales, etc.

Por ejemplo, un contacto NC, puede quedar cerrado y no abrir en caso de emergencia debido a que sus contactos hayan quedado sellados por temperatura

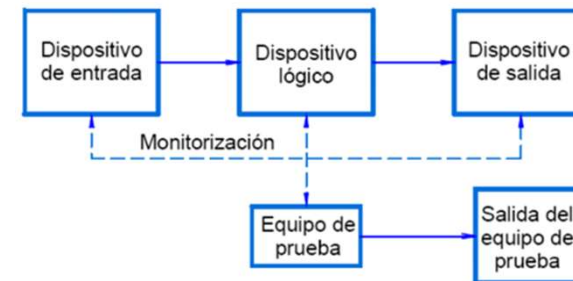
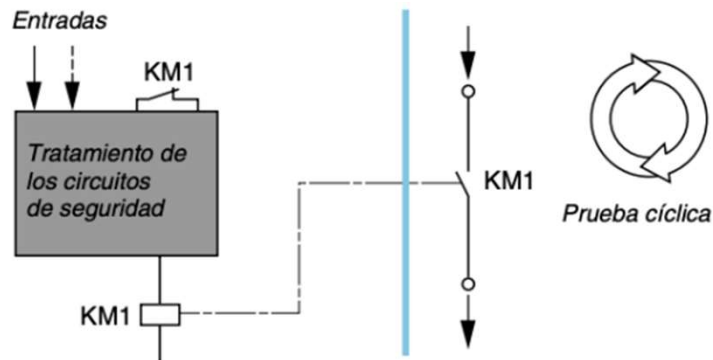


Soluciones de seguridad Preventa
Accidentes laborales: una realidad

Fuente: Schneider Electric / Telemecanique

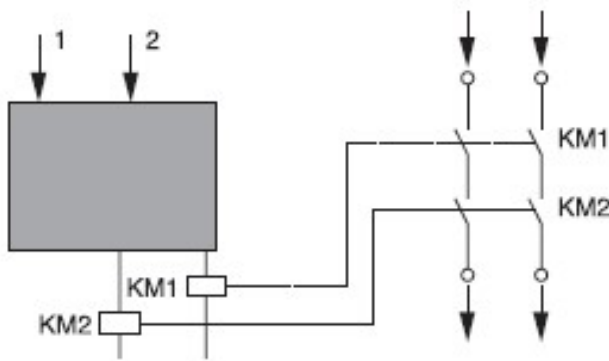
SEGURIDAD FUNCIONAL

- **Categoría B:** circuitos básicos de seguridad y pueden causar pérdidas en la función de seguridad debido a un fallo.
- **Categoría 1:** también puede llevar a una pérdida de la función de seguridad, pero con menos probabilidad que la categoría B. En este caso el circuito de seguridad que se puede implementar es de un paro/marcha. Es el único caso en el que se no se precisa de un módulo de seguridad. En los demás se precisa de un módulo de seguridad que gestione las detecciones de seguridad y las salidas (contactores que activa la potencia del circuito).
- **Categoría 2:** detectan fallos mediante una prueba periódica en intervalos pertinentes (la función de seguridad puede perderse entre las pruebas periódicas). Puede existir redundancia en las entradas, pero no hay redundancias en las salidas. Se basa en comprobaciones cíclicas del buen funcionamiento del dispositivo en la salida (contactores).

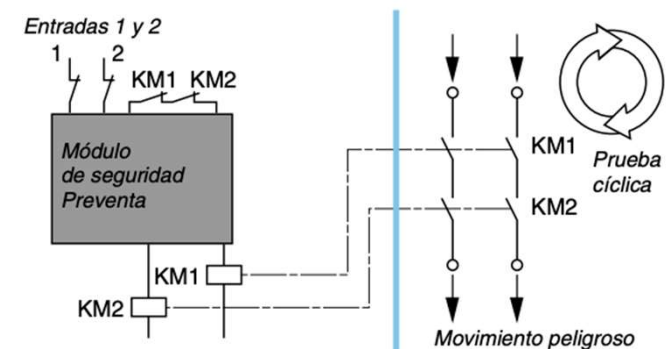


SEGURIDAD FUNCIONAL

- **Categoría 3:** garantizan la función de seguridad en presencia de un único fallo, por ejemplo, empleando dos canales (redundantes), pero se puede producir una pérdida de la función de seguridad si se acumulan varios fallos. Hay redundancia en las entradas y salidas, pero no hay control interno de fallos.
- **Categoría 4:** garantizan que la función de seguridad siempre se encuentra disponible incluso en el caso de uno o más fallos, normalmente empleando la **redundancia de entrada y de salida**, junto a un **bucle de retorno para la supervisión** continua de las salidas.



Categoría 3: redundancias en entradas y salidas



Categoría 4: redundancias en entradas y salidas y bucle de retorno

SEGURIDAD FUNCIONAL



Módulos de emergencia

Según la normativa europea **EN 60204-1** todas las máquinas deben ir provistas de un relé de seguridad que garantice que se produzca el corte de seguridad en la máquina al activarse una señal de seguridad, como seta de emergencia, barreras fotoeléctricas, finales de carrera, almohadillas, etc.

Categoría 3: redundancias en entradas y salidas


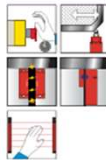
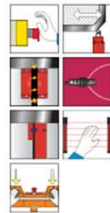

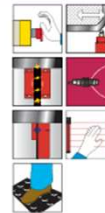
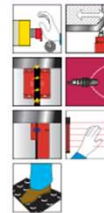
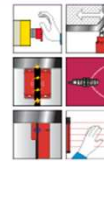













Categoría 4: redundancias en entradas y salidas y bucle de retorno



DESARROLLO DE PROY. DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL 2023

SEGURIDAD FUNCIONAL

Schneider Electric Harmony XPS

Safety module type	Basic safety modules with pre-defined safety function				Universal safety modules with pre-defined safety function, or Selectable safety functions via rotary selectors						
Safety functions											
	<ul style="list-style-type: none">- Emergency stop- Guard switch	<ul style="list-style-type: none">- Emergency stop- Guard switch- Magnetic switch- RFID safety switch- Safety light curtain	<ul style="list-style-type: none">- Emergency stop- Antivalent contact- Guard switch- Magnetic switch- Proximity safety switch- PNP sensor- RFID safety switch- Safety light curtain- Two-hand control station	<ul style="list-style-type: none">- Emergency stop- Guard switch- Magnetic switch- Proximity safety switch- PNP sensor- RFID safety switch- Safety light curtain	<ul style="list-style-type: none">- Emergency stop- Guard switch- Magnetic switch- Proximity safety switch- PNP & NPN sensor- RFID safety switch- Safety light curtain- Sensing mat/edge	<ul style="list-style-type: none">- Emergency stop- Guard switch- Magnetic switch- Proximity safety switch- PNP & NPN sensor- RFID safety switch- Safety light curtain- Sensing mat/edge	<ul style="list-style-type: none">- Emergency stop- Guard switch- Magnetic switch- Proximity safety switch- PNP sensor- RFID safety switch- Safety light curtain	<ul style="list-style-type: none">- Emergency stop- Guard switch- Magnetic switch- Proximity safety switch- PNP sensor- RFID safety switch- Safety light curtain- Two-hand control station- Enabling switch	<ul style="list-style-type: none">- For Extending the number of safety contacts	<ul style="list-style-type: none">- Zero speed monitoring with delayed access to dangerous area	
											

SEGURIDAD FUNCIONAL





Schneider Electric Harmony XPS

Safety module type		Basic safety modules with pre-defined safety function		Universal safety modules with pre-defined safety function, or Selectable safety functions via rotary selectors							
Safety functions											
Maximum achievable safety level		<ul style="list-style-type: none">■ PL e/Category 4 conforming to ISO 13849-1■ SILCL 3 conforming to IEC 62061■ SIL 3 conforming to IEC 61508		<ul style="list-style-type: none">■ PL c conforming to ISO 13849-1■ SILCL 1 conforming to IEC 62061■ SIL 1 conforming to IEC 61508		<ul style="list-style-type: none">■ PL e/Category 4 conforming to ISO 13849-1■ SILCL 3 conforming to IEC 62061■ SIL 3 conforming to IEC 61508				<ul style="list-style-type: none">■ PL e/Category 3 conforming to ISO 13849-1■ SILCL 3 conforming to IEC 62061■ SIL 3 conforming to IEC 61508	
Conformity to standards		<ul style="list-style-type: none">■ IEC 60947-5-1■ IEC 61508-1 (functional safety standard)■ IEC 61508-2 (functional safety standard)■ IEC 61508-3 (functional safety standard)■ ISO 13849-1 (functional safety standard)■ IEC 62061 (functional safety standard)									
Product certifications		<ul style="list-style-type: none">■ cULus■ TÜV■ EAC■ CCC■ KC marking		<ul style="list-style-type: none">■ cULus■ TÜV■ EAC■ CCC■ KC marking						<ul style="list-style-type: none">■ cULus■ TÜV■ EAC■ CCC■ KC marking	
Number of outputs	Safety immediate	4 NO	2 NO	1 single changeover output	3 NO	2 NO + 1 NC	3 NO	3 NO + 1 NC	2 NO	4 NO	-
	Safety delayed (time delay)	-	1 NO (configurable) 0...900 s	-	-	-	3 NO + 1 NC (configurable) 0...900 s	-	-	-	1 NO (configurable) 0.5...60 s
	Diagnostic	2 NC	1 solid state	1 pulsed solid state	1 pulsed solid state	1 pulsed solid state	1 pulsed solid state 1 solid state	1 pulsed solid state	1 pulsed solid state	2 NC	1 pulsed solid state 1 solid state
	Display	5 LEDs	8 LEDs	6 LEDs	6 LEDs	6 LEDs	8 LEDs	16 LEDs	8 LEDs	3 LEDs	5 LEDs
Supply voltage		24 V AC/DC and 48-240 V AC/DC		24 V AC/DC and 48-240 V AC/DC							
Synchronization time between inputs		Fixed		Selectable		Selectable		Selectable		-	
Number of inputs channels		2		2		2		3		4	
Safety module type		XPSBAC	XPSBAT	XPSUAB	XPSUAF	XPSUAK	XPSUAT	XPSUDN	XPSUS	XPSUEP	XPSUVN
Page		5	6	7	9	10	11	12	13	15	16
Accessory type		XPSEC, XPSES									
Page		17		17							

SEGURIDAD FUNCIONAL

Schneider Electric Harmony XPS






PULSADOR de EMERGENCIA

Safety functions			Safety modules			
			ISO 13849-1	PL c	PL e/Category 3	PL e/Category 4
			IEC 62061	SILCL 1	SILCL 3	SILCL 3
			IEC 61508	SIL 1	SIL 3	SIL 3
Emergency stop	Stop category 0			XPSUAB	-	XPSBAC XPSUAF XPSUAK XPSUDN XPSUS
	Stop category 0+1			-	-	XPSBAT XPSUAT

SEGURIDAD FUNCIONAL

Schneider Electric Harmony XPS




ACCESO A ZONAS PELIGROSAS

Safety functions		Safety modules			
		ISO 13849-1	PL c	PL e/Category 3	PL e/Category 4
		IEC 62061	SILCL 1	SILCL 3	SILCL 3
		IEC 61508	SIL 1	SIL 3	SIL 3
Control of access to hazardous zones	Interlocking guard with and without guard locking		XPSUAB	-	XPSBAC XPSBAT XPSUAF XPSUAK XPSUAT XPSUDN XPSUS
	Magnetic switch		XPSUAB	-	XPSBAT XPSUAF XPSUAK XPSUAT XPSUDN XPSUS
	RFID safety switch		XPSUAB	-	XPSBAT XPSUAF XPSUAK XPSUAT XPSUDN XPSUS
	Light curtains		XPSUAB	-	XPSBAT XPSUAF XPSUAK XPSUAT XPSUDN XPSUS
	Safety mats		-	-	XPSUAK XPSUAT

SEGURIDAD FUNCIONAL

Schneider Electric Harmony XPS

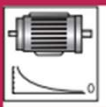

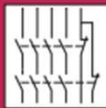
MANIOBRA

Safety functions		Safety modules			
		ISO 13849-1	PL c	PL e/Category 3	PL e/Category 4
		IEC 62061	SILCL 1	SILCL 3	SILCL 3
		IEC 61508	SIL 1	SIL 3	SIL 3
Starting and enabling of dangerous movements	Two-hand control station		XPSUAB	-	XPSUS
	Enabling switch (grip switch)		-	-	XPSUS
	Proximity safety switch		XPSUAB	-	XPSUAF XPSUAK XPSUAT XPSUDN XPSUS

SEGURIDAD FUNCIONAL

Schneider Electric Harmony XPS

MONITOREO

Safety functions			Safety modules			
			ISO 13849-1	PL c	PL e/Category 3	PL e/Category 4
			IEC 62061	SILCL 1	SILCL 3	SILCL 3
			IEC 61508	SIL 1	SIL 3	SIL 3
Safety monitoring functions	Zero speed detection (remanent voltage)		-		XPSUVN	-
	Safety timer		-		XPSUVN	-
	Increasing the number of safety contacts (1)		-		-	XPSUEP

SEGURIDAD FUNCIONAL

Funcionamiento

T1: Encendido

T2: Inicialización OK

Tiempo de retardo transcurrido

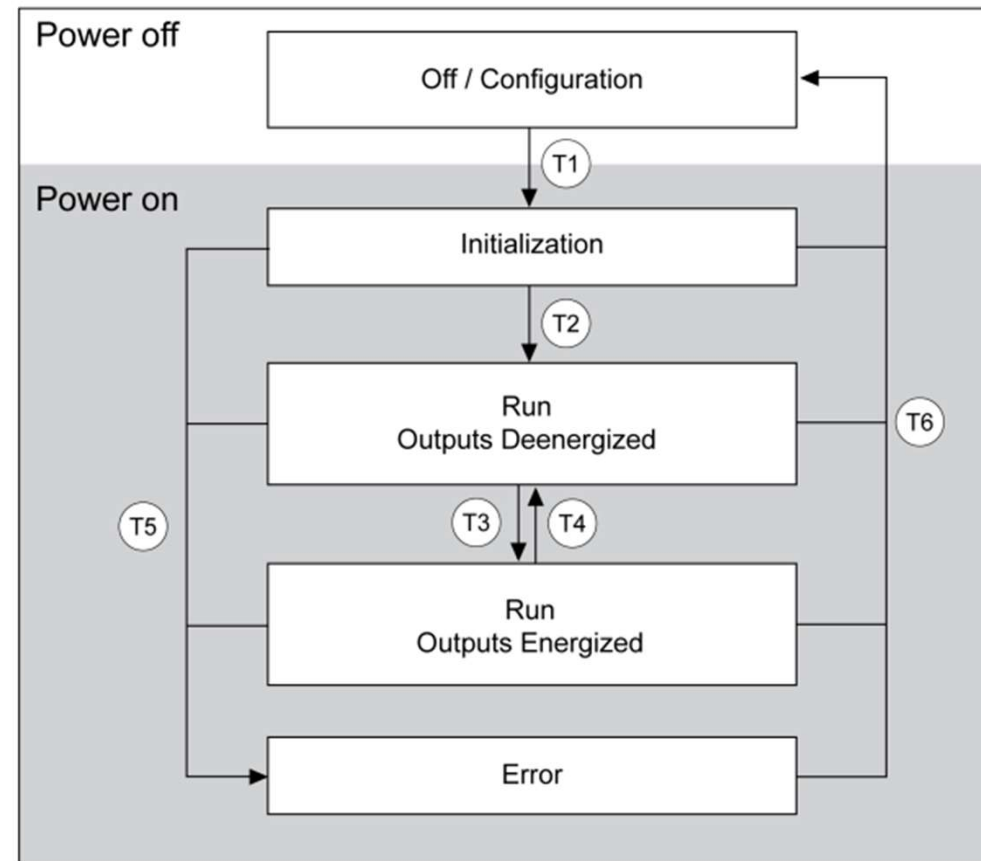
T3: Condiciones de arranque cumplidas:

- ✓ Arranque automático
- ✓ Manual con pulsador arranque (PA)
- ✓ Entradas de seguridad activadas
- ✓ Sin condiciones de enclavamiento de señales (no hay señales enclavadas, por ejemplo, pulsador de emergencia)
- ✓ Señales de sincronización

T4: Entradas de seguridad activadas

T5: Error detectado

T6: Apagado

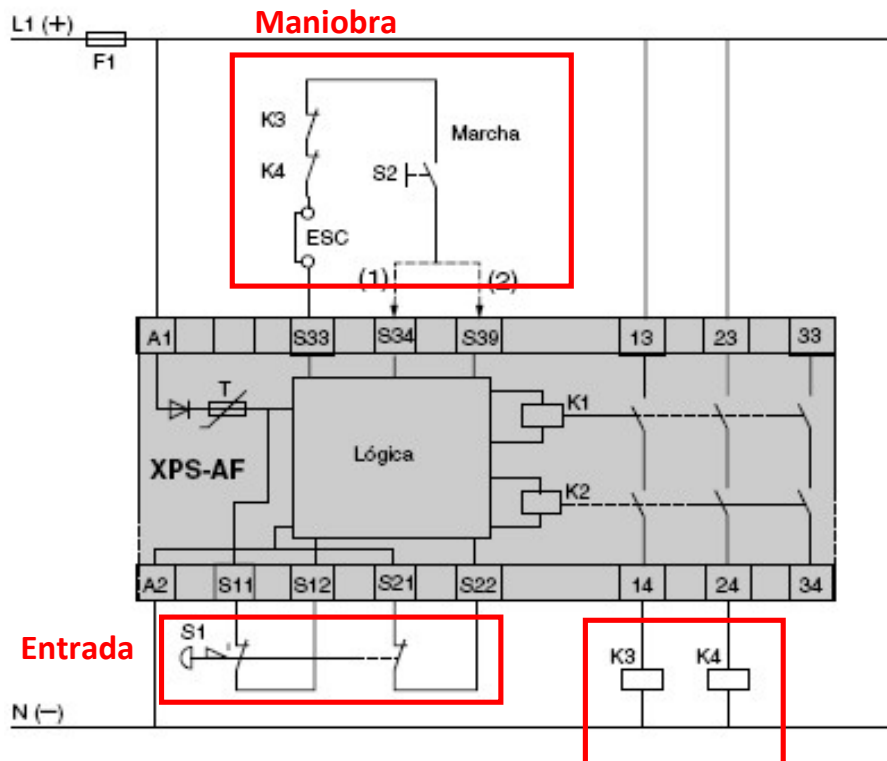


SEGURIDAD FUNCIONAL

Módulo de emergencia cat4

XPS-AF

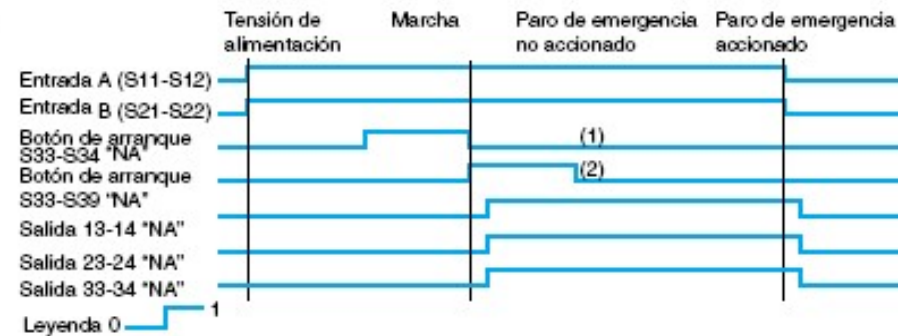
Módulo XPS-AF asociado a un botón de Paro de emergencia con 2 contactos de apertura



(1) Con vigilancia del botón de arranque
(2) Sin vigilancia del botón de arranque
ESC: condiciones de arranque externas

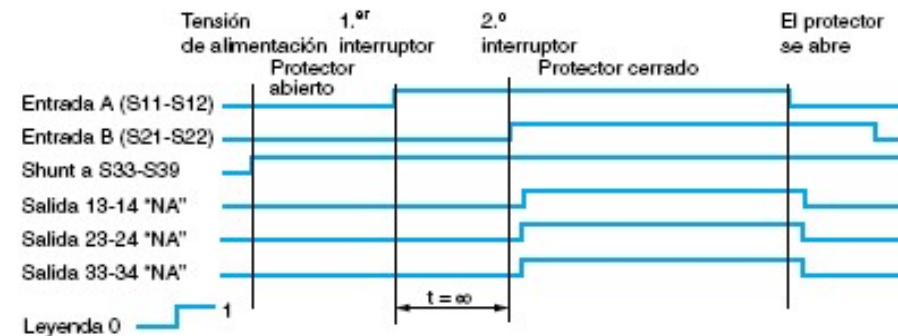
Salida

Diagramas funcionales
Función Paro de emergencia



(1) Con vigilancia del botón de arranque
(2) Sin vigilancia del botón de arranque

Función de protector con arranque automático



Módulo XPS-AF con conexión de varios Paros de emergencia y asociación con autómatas

La puesta en marcha (pulsador Marcha) solo puede activarse cuando los relés K3 y K4 no están actuados (redundancia en la salida).

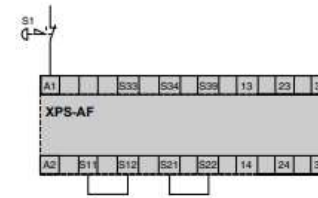
El pulsador de emergencia activa los relés K3 y K4 (redundancia en la entrada), hasta que no se desenchava la emergencia no se activa la marcha.

El botón de marcha se puede activar de dos maneras:

1. S34 necesita pulsar-soltar
2. S39 solo necesita pulsar para activar la salida.

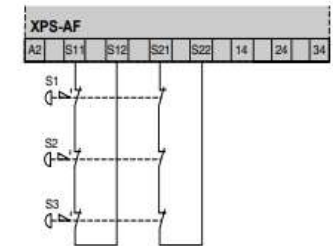
XPS-AF

Configuraciones para la función de vigilancia de Paro de emergencia
Cableado 1 canal Cableado 2 canales



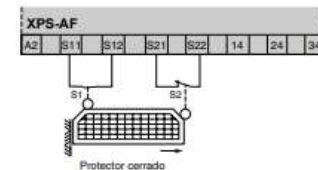
Botón de Paro de emergencia con 1 solo contacto de apertura
No se detectan todos los fallos: un cortocircuito en el pulsador de Paro de emergencia no se detecta.

Botón de Paro de emergencia con 2 contactos de apertura (aplicación recomendada).
Los 2 canales de entrada se alimentan con un potencial diferente. Un cortocircuito entre las 2 entradas se detecta.



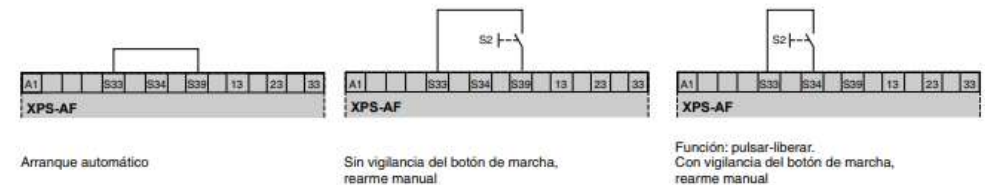
Conexión de varios botones de Paro de emergencia con 2 contactos de apertura (aplicación recomendada).
Los 2 canales de entrada se alimentan con un potencial diferente. Un cortocircuito entre las 2 entradas se detecta.

Control de un protector móvil asociado a 2 interruptores de posición con 1 contacto cada uno
Control (interruptor 1 con contacto "NA", interruptor 2 con contacto "NC")

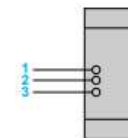


XPS-AF

Configuración con rearme automático o manual



Significado de los LED



Módulo bimanual

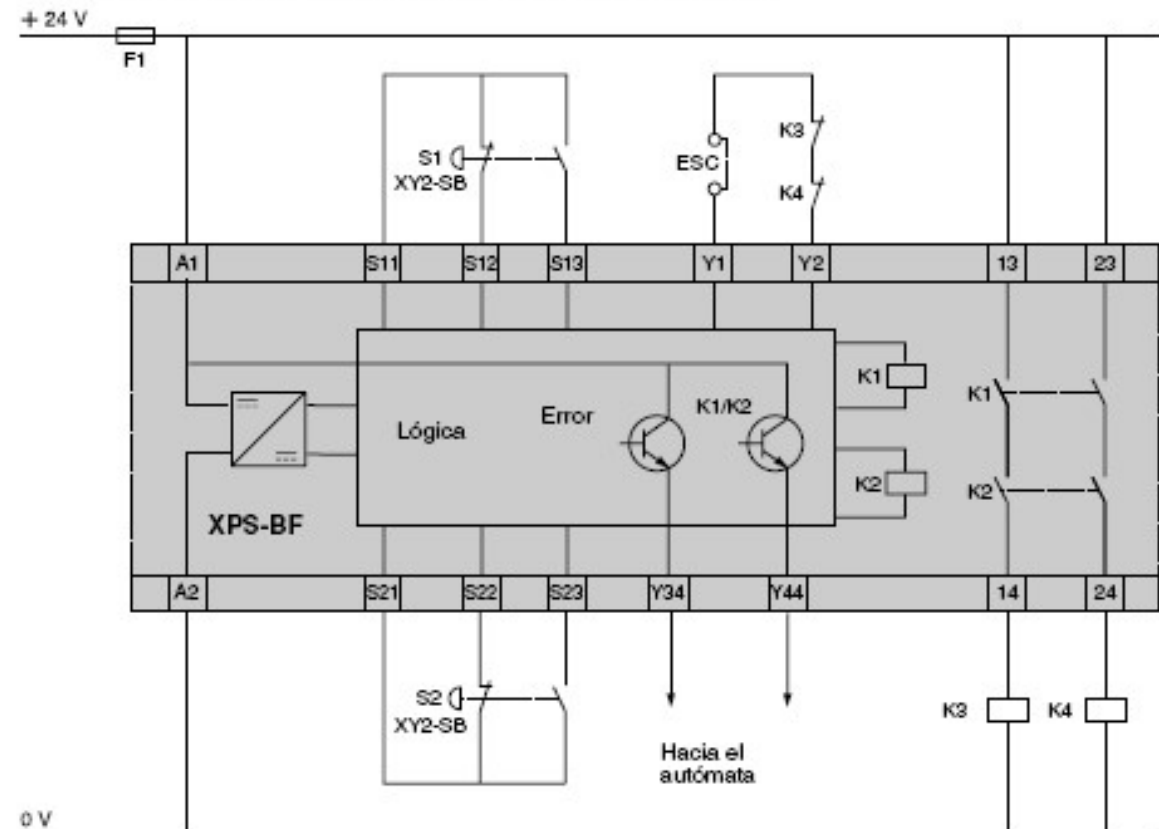
En este caso en módulo de seguridad controla la seguridad de un pupitre con mando bimanual de maniobra.

S1 y S2 son pulsadores de arranque del pupitre. Las condiciones de arranque contemplan que solo se activen las salidas que dan potencia a la máquina (K3 y K4), cuando se mantienen pulsados los pulsadores simultáneamente.

SEGURIDAD FUNCIONAL

XPS-BF

Módulo XPS-BF asociado a un pupitre de mando bimanual



ESC: condiciones de arranque externas. Y1-Y2: bucle de retorno

SEGURIDAD FUNCIONAL



El rendimiento de cada función de seguridad se especifica como el nivel de integridad de la seguridad (**SIL - *Safety Integrity Level***) en el caso de **EN IEC 62061** o nivel de prestaciones (**PL -*Performance Level***) en el caso de **EN ISO 13849-1**.

En ambos casos, la arquitectura del circuito de control que ofrece la función de seguridad es un factor pero, a diferencia de **EN 954-1**, estas normas requieren que se tenga en cuenta la **fiabilidad** de los componentes seleccionados.

La norma **EN 954-1** dejó de estar en vigor a partir del 31 de diciembre de 2011.

Las alternativas disponibles son EN IEC 62061 y EN ISO 13849-1.

Normativa SIL: IEC 62061, IEC EN 61508, IEC 61511

- **SIS:** Sistema de seguridad compuesto por funciones específicas de seguridad, como sensores, relés, 'preventas', etc.
- **SIF** (Safety Instrumental Function): conjunto de instrumentos SIS que forman una función de seguridad. Debe haber un SIF para cada operación de seguridad del sistema. Su función es la de reducir los riesgos en cada escenario.
- **SIL** (Safety Integrity Level). Niveles de seguridad que se aplica a cada SIF.

Un SIS debe tener tantos SIF como sean necesarios por operación unitaria. Todos los elementos de control del SIS deben ser independientes a los sistemas de control del proceso, de manera que se garantice la funcionalidad del SIS en caso de cualquier falla.

Todo lo referente a los SIS puede encontrarse en el estándar internacional **IEC 61511**

Normativa Actual SIL: IEC 62061, IEC EN 61508, IEC 61511

La **unidad SIL** trata de ofrecer una medida para cuantificar la reducción de riesgos de un sistema SIF:

- Valores enteros comprendidos en un rango de 1 a 4:
 - 1 a 3:** valores industriales en general
 - 4:** valor reservado para instalaciones especiales (como centrales nucleares)

El valor SIL es un cálculo probabilístico que mide la disponibilidad y probabilidad de fallo de un SIF

SIL	PFD	FRR	Disponib.
1	$10^{-2} \leq PFD < 10^{-1}$	10 - 100	90 - 99%
2	$10^{-3} \leq PFD < 10^{-2}$	100 - 1000	99-99,9%
3	$10^{-4} \leq PFD < 10^{-3}$	1000 - 10000	99,9-99,99%
4	$10^{-5} \leq PFD < 10^{-4}$	10000 - 100000	> 99,99%

PFD: es la Probabilidad de Fallo en Demanda del SIF

FRR: es el Factor Reductor de Riesgo. Por ejemplo, para SIL1 hay un fallo del SIF cada 10-100 veces. Riesgo Inicial/riesgo Final

Disponibilidad: Es la probabilidad de que un sistema funcione correctamente en cualquier instante de tiempo, durante su vida útil

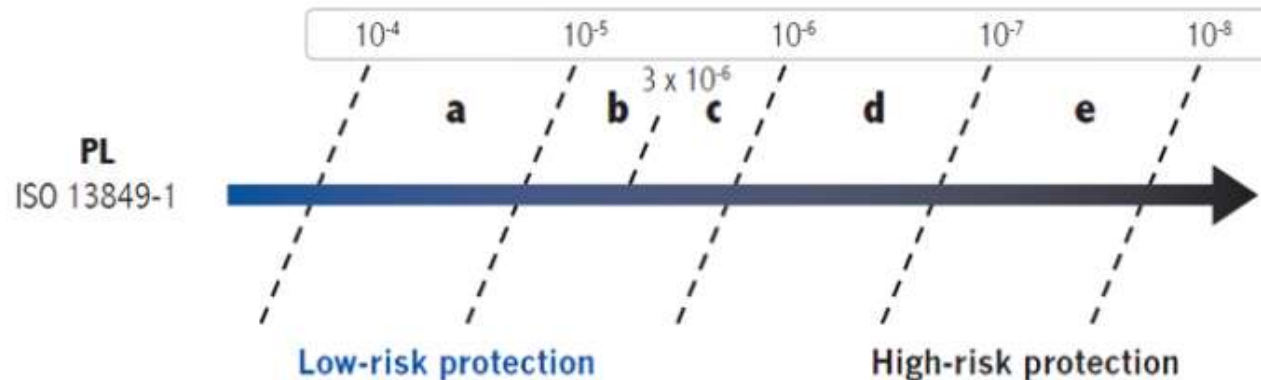
Normativa Actual PL: ISO 13849

La normativa de seguridad **ISO 13849** para gestionar la seguridad de máquina es una revisión de la antigua **UNE EN 954-1**.

Es una norma que evalúa el nivel de prestaciones (PL), que como la IEC 62061, se utiliza datos probabilísticos.

- **PL (Performance Level)**: capacidad del sistema de mando de la maquinaria relacionado con la seguridad (SRP/CS) para garantizar la protección en condiciones operativas específicas.
- **PLr (PL requerido)**: PL requerido para una máquina

El parámetro utilizado para evaluar el PL es la probabilidad promedio de fallo peligroso/hora. Se considera que un fallo es peligroso cuando inhibe la función de protección del sistema si no se detecta.



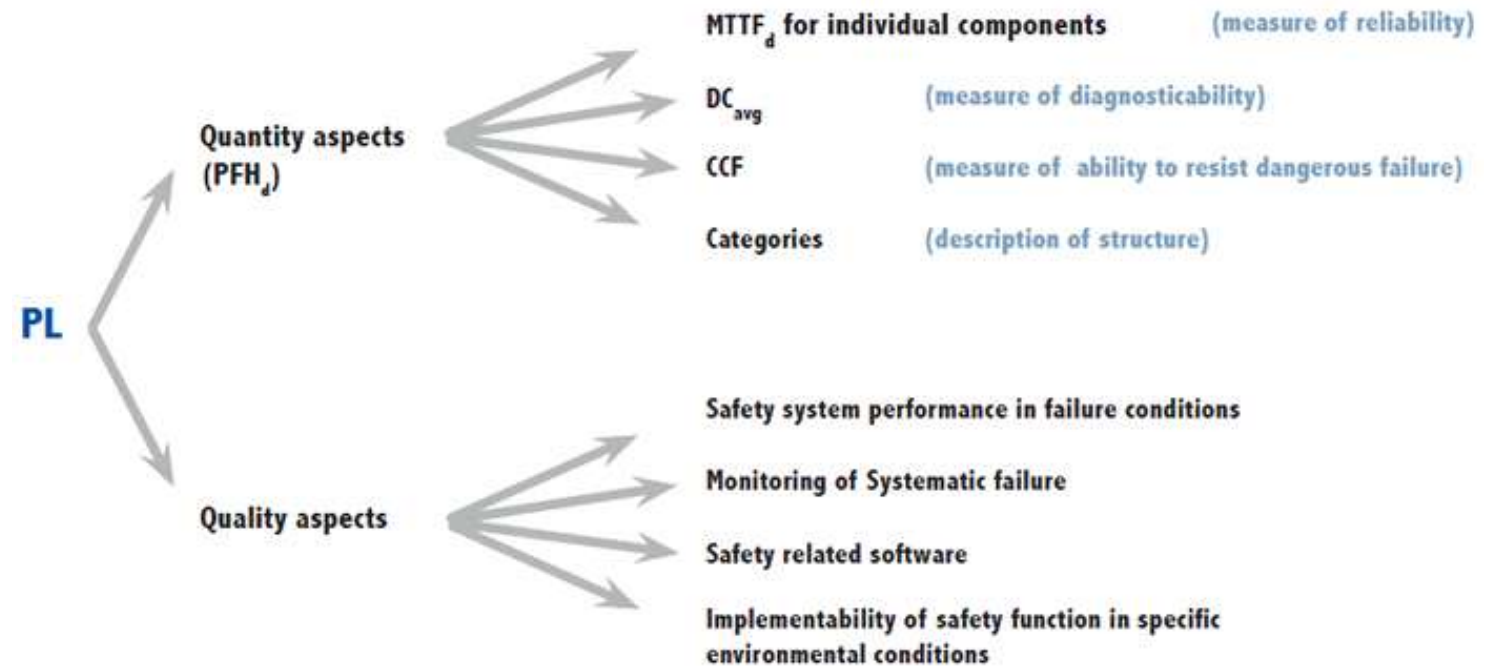
Normativa Actual PL: ISO 13849

Los requisitos para cumplir un PL según la norma son cuantitativos

- Fiabilidad
- Capacidad de resistencia a fallos peligrosos
- etc

Cualitativos:

- Monitoreo de fallos
- Condiciones ambientales
- etc



PFH: probabilidad de fallo peligroso por hora

Normativa Actual PL: ISO 13849

Para encontrar el PL requerido (PLr), primero se realiza una clasificación de la máquina en función de la siguiente tabla:

S = Gravedad de la lesión.

S1 = Leve (lesión normalmente reversible).

S2 = Grave (lesión normalmente irreversible, incluyendo la muerte).

F = Frecuencia y/o tiempo de exposición al peligro.

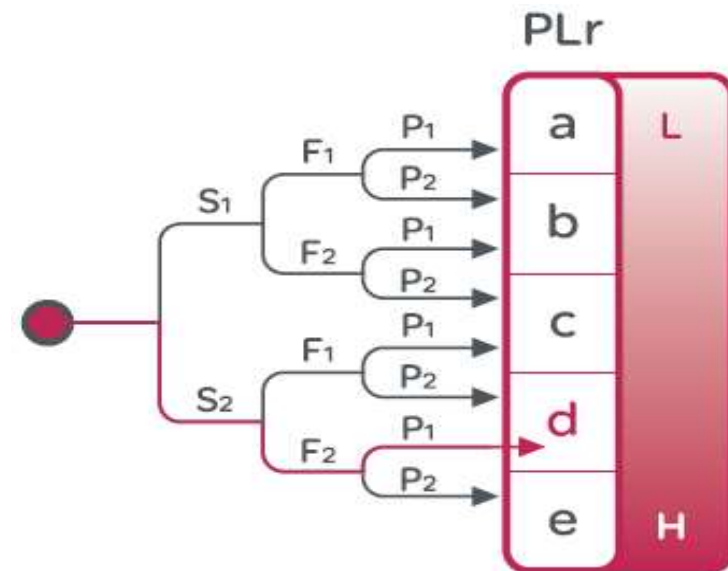
F1 = Raro a bastante frecuente y/o corta duración de la exposición.

F2 = Frecuente a continuo y/o larga duración de la exposición.

P = Posibilidad de evitar el peligro o limitar el daño.

P1 = Posible en determinadas condiciones.

P2 = Raramente posible.



Normativa Actual PL: ISO 13849

A partir de la tabla PLr se obtiene una categoría, y los elementos de seguridad usados deben estar homologados para ello, en esencia es muy parecido a la anterior normativa de seguridad.

Los sistemas de seguridad de diferentes categorías se diferencian, básicamente, en las redundancias, de manera que el fallo de una función de seguridad no implique el fallo de todo el sistema.

Comparación entre **SIL** y **PL** en cuanto a su probabilidad media fallo peligroso/h

SIL	PFH_D	PL
--	$\geq 10^{-5}$ a $< 10^{-4}$	a
1	$\geq 3 \times 10^{-6}$ a $< 10^{-5}$	b
1	$\geq 10^{-6}$ a $< 3 \times 10^{-6}$	c
2	$\geq 10^{-7}$ a $< 10^{-6}$	d
3	$\geq 10^{-8}$ a $< 10^{-7}$	e

PFH: probabilidad de fallo peligroso por hora

Determinación de nivel PL /SIL

Para determinar un PL requerido o un SIL, el procedimiento es el siguiente:

1- Determinar la gravedad de las consecuencias de un evento peligroso.

Consecuencias	Gravedad (Se)
Irreversible: muerte, pérdida de un ojo o un brazo	4
2 Irreversible: extremidad(es) rota(s), pérdida de dedo(s)	3
Reversible: necesidad de asistencia médica	2
Reversible: necesidad de primeros auxilios	1

2- Determinar el valor numérico para la frecuencia y el tiempo durante el cual la persona está expuesta al evento peligroso.

Frecuencia de exposición	Duración > 10 min
Fr < 1 h	5
1 h < Fr < 1 día	5
1 día < Fr < 2 semanas	4
2 semanas < Fr < 1 año	3
Fr > 1 año	2

Determinación de nivel PL /SIL

3- Determinar el valor numérico para la probabilidad de que el evento peligroso tenga lugar durante la exposición al peligro.

Probabilidad de que se produzca	Probabilidad (Pr)
Muy alta	5
Probable	4
Posible	3
Raramente	2
Insignificante	1

4- Determinar el valor numérico para la posibilidad de evitar o limitar el alcance del daño

Probabilidades de evitar o limitar el daño (Av)	
Imposible	5
Raramente	3
Probable	1

Determinación de nivel PL /SIL

5- La clase CI se calcula como la suma de los factores anteriores: $CI=FR+PR+AV$.

Gravedad (Se)	Clase (CI)				
	3-4	5-7	8 10	11-13	14-15
4	SIL 2	SIL 2	SIL 2	SIL 3	SIL 3
3		(OM)	SIL 1	SIL 2	SIL 3
2			(OM)	SIL 1	SIL 2
1				(OM)	SIL 1

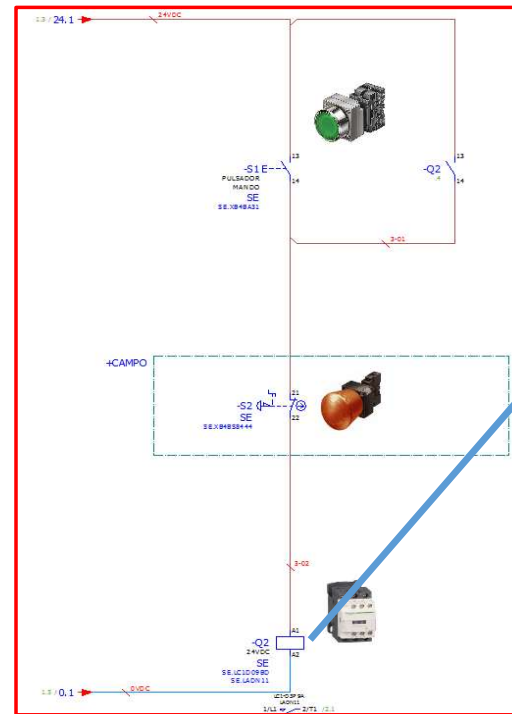
Efectos	Gravedad S	Clase K = F + W + P													
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Muerte, pérdida de un ojo o brazo	4	SIL 1		SIL 2		SIL 2		SIL 2		SIL 3		SIL 3			
		PL _r ,b PL _r ,c		PL _r ,d		PL _r ,d		PL _r ,e		PL _r ,e					
Permanente, pérdida de dedos	3			OM		SIL 1		SIL 2		SIL 3					
				PL _r ,a		PL _r ,b	PL _r ,c	PL _r ,d		PL _r ,e					
Reversible, tratamiento médico	2	No requiere SIL (o PL)					OM		SIL 1		SIL 2				
							PL _r ,a		PL _r ,b	PL _r ,c	PL _r ,d				
Reversible, primeros auxilios	1	OM: Otras medidas								OM		SIL 1			
										PL _r ,a		PL _r ,b PL _r ,c			

CIRCUITOS PRÁCTICO DE MANIOBRAS DE SEGURIDAD

1- CATEGORÍA 1

En el caso de un circuito de categoría 1 (SIL y PL más bajos, seguridad más baja) es suficiente una maniobra de cableado paro/marcha.

Maniobra marcha y pulsador de emergencia que controla la potencia de un motor



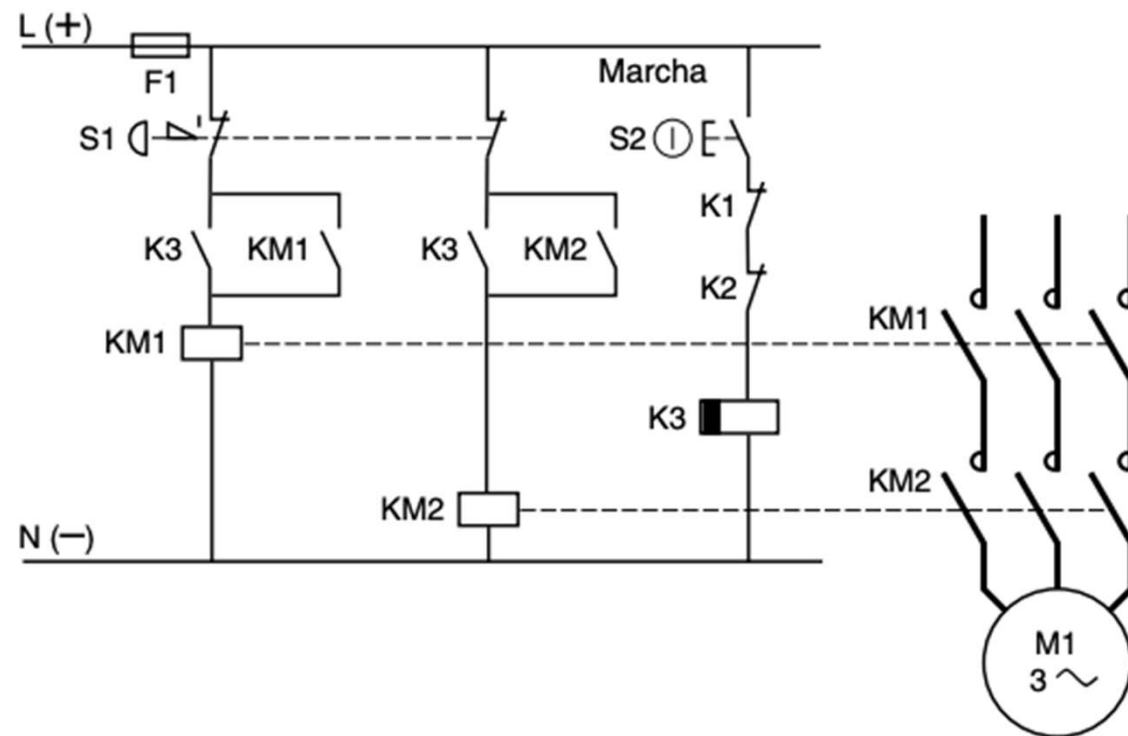
Potencia

CIRCUITOS PRÁCTICO DE MANIOBRAS DE SEGURIDAD

2- CATEGORÍA 3

Paro de emergencia con redundancia en la salida

- La potencia del motor está controlada por 2 relés redundantes (KM1 y KM2)
- La seta de emergencia corta la corriente a KM1 y KM2 y abre el circuito de potencia del motor.
- El botón de marcha activa KM1 y KM2 de manera temporizada si se cumplen las condiciones de inicio:
 - 1- Seta desenclavada
 - 2- Motor parado



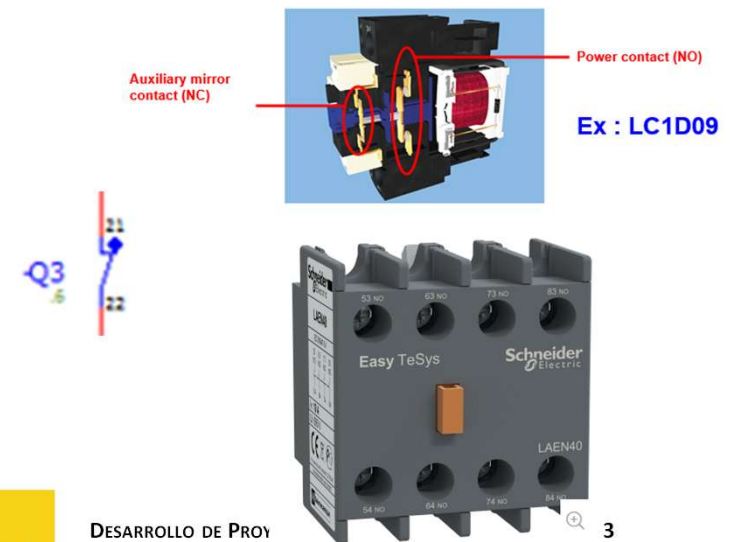
CIRCUITOS PRÁCTICO DE MANIOBRAS DE SEGURIDAD

3- CATEGORÍA 4

En el caso de un circuito de categoría 4 (SIL 3) de parada de emergencia por pulsador de emergencia, con redundancia en la salida y bucle de retorno de supervisión. En este caso se utiliza el contacto espejo de los relés de potencia como bucle de supervisión:

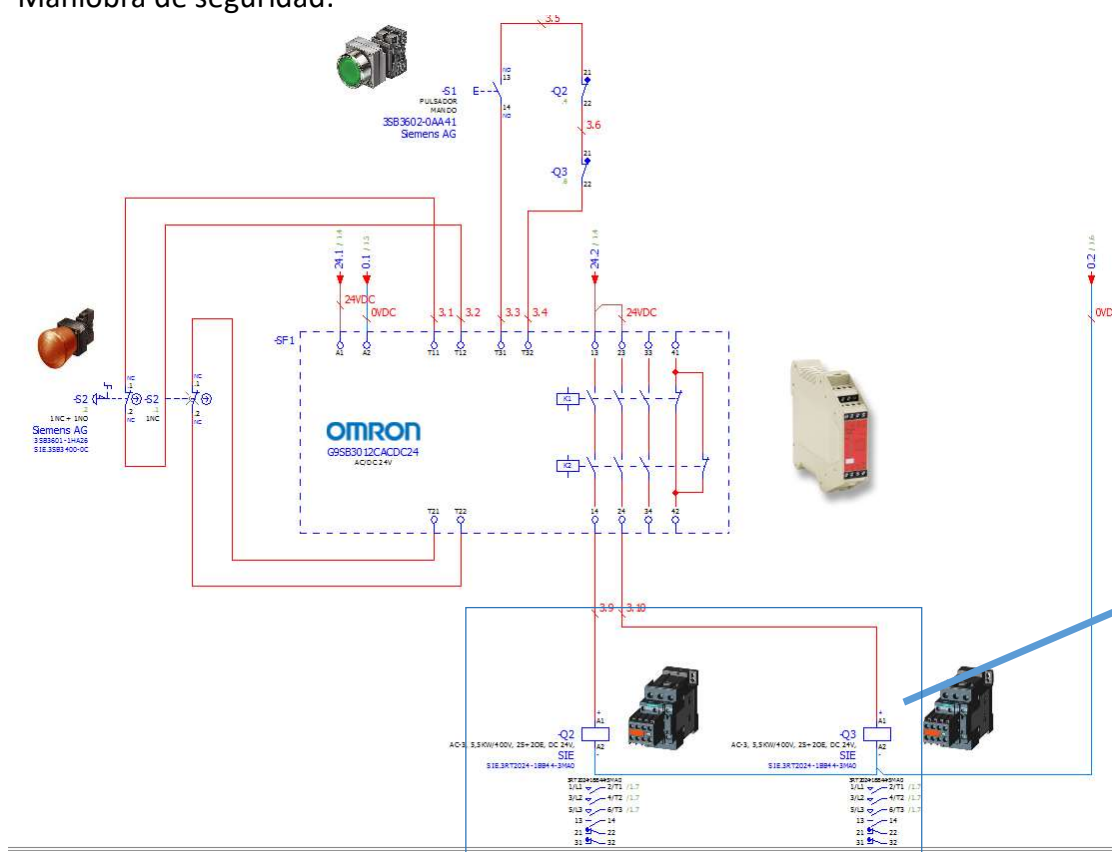
- La potencia del motor está controlada por 2 relés redundantes (Q2 y Q3)
- La seta de emergencia corta la corriente a Q2 y Q3 y abre el circuito de potencia del motor.
- El botón de marcha activa Q2 y Q3 de manera temporizada si se cumplen las condiciones de inicio:
 - 1- Seta desenclavada
 - 2- Motor parado
 - 3- Contactos espejo Q2, Q3 cerrados

Espejo de contacto: es un contacto auxiliar NC que refleja el estado de los polos NA del contactor: si un polo de potencia permanece cerrado de manera continua (terminales sellados debido a la temperatura), el contacto espejo no cierra. Es un dispositivo de supervisión del correcto funcionamiento de un contactor incluido en la **norma IEC 60947-4-1**.

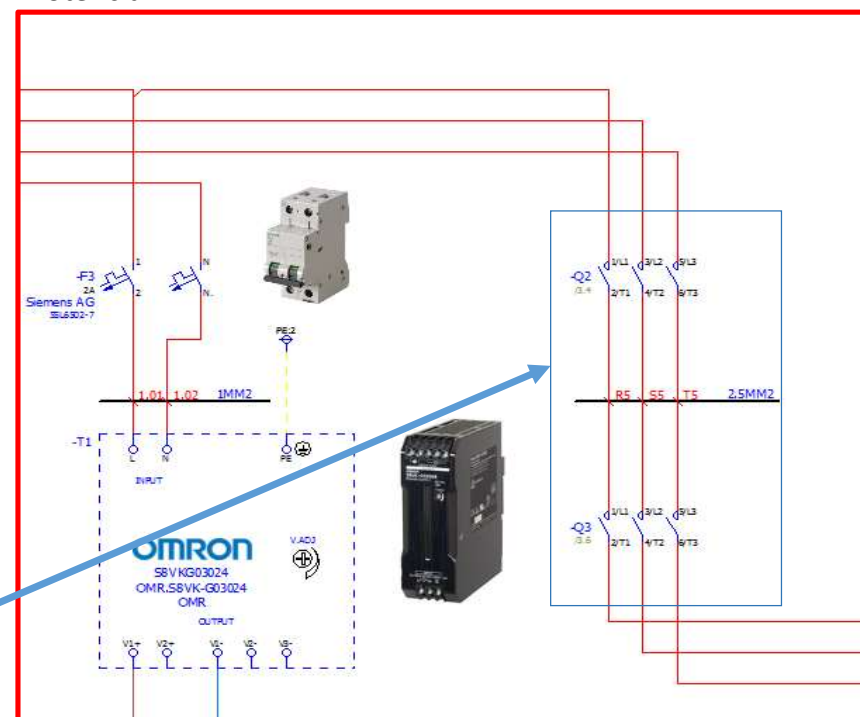


CIRCUITOS PRÁCTICO DE MANIOBRAS DE SEGURIDAD

Maniobra de seguridad:



Potencia:



Norma seguridad de máquinas IEC 60204



Listado de normas básicas de diseño, según IEC 60204-1: equipo eléctrico BT inferior 1kVca, 1.5kVcc, 200Hz

1. Antes de diseñar una máquina es necesario **recopilar toda la información pertinente** y fijar acuerdos entre fabricante y usuario. Se debe utilizar un cuestionario.

Recomendación de utilizar elementos con marcado CE siempre, aunque los elementos no tengan directiva

2. Especificaciones de alimentación energía (alterna) (las más importantes):

- Tensión 90% a 110% del valor nominal
- Frecuencia 99% a 101% del valor nominal de manera continua
- Armónicos: 10% de la nominal en el 2 al 5 armónico. Son frecuencias que se crean cuando una señal entra en un sistema, estas frecuencias son proporcionales a la principal
- Interrupción: 3ms con más de 1s entre interrupciones

3. Compatibilidad electromagnética (EMC-CEM):

- EMI: emisión (conducidas, radiadas)
- EMS: inmunidad (conducidas, radiadas)

Norma seguridad de máquinas IEC 60204

4. **Tipo de suministro** eléctrico: sistema TN, TT, IT

5. **Acometidas, conexiones de alimentación, puesta a tierra, protección contra choques eléctricos**

6. **Seccionamiento:** Solo dos posiciones, no debe ser rojo (o blanco o negro), debe poderse bloquear en abierto (por candado), poder para cortar la máxima potencia (máquina más grande) o la suma de intensidades.

No deben cortar: iluminación, equipos de medición, tomas de corriente, otros circuitos auxiliares

7. **Envolventes, aislamiento de partes activas.** Las envolventes deben abrirse mediante herramientas. Proteger todas las partes activas con mínimo IP2X o añadir un enclavamiento que desconecte la alimentación al abrir la envoltura.

8. **Protección contra sobreintensidades y derivaciones**

9. **Los motores mayores de 0.5KW deben protegerse contra sobrecargas:**

- Protección sobre carga
- Protección térmica
- Protección por limitación de corriente

Norma seguridad de máquinas IEC 60204

10. **Equipotenciales (embarrados):** borne PE, conductores de protección, masa, otras partes conductoras de la estructura. Totalmente libre de otros dispositivos, no conectar diferenciales ni magnetos....

Conexión en estrella, todo al mismo punto de conexión o barra equipotencial

11. **Cuadro de mandos obligatorio:** pulsadores de parada, arranque y parada de emergencia

12. Funciones de mando en arranques y funcionamiento:

- Redundancia si es posible
- Enclavamientos
- **Marcha: Normalmente abierto**
- **Paro: Normalmente cerrado**
- **Dependiendo el nivel de SIL o PL**, el arranque y paro de emergencia se gestiona mediante relés de seguridad o automatismo de seguridad

Norma seguridad de máquinas IEC 60204

13. Pulsadores de mando y visualizadores

- Blanco/negro: Inicio general de funciones
- Verde: inicio/funcionamiento normal
- Rojo: Emergencia, condiciones peligrosas o de emergencia
- Azul: Obligación/acción obligatoria
- Amarillo: anomalía
- Símbolos:
 - a. Línea vertical: ON
 - b. Circunferencia: OFF
 - c. Ambos: ON/OFF
 - d. T sobre un círculo: ON cuando están pulsados, OFF al liberar
- **No deben instalarse en envoltentes ni en puertas**



Norma seguridad de máquinas IEC 60204

14. Envolvente

- No debe incluir pulsadores de mando ni pulsadores de emergencia
- No debe incluir sistemas neumáticos
- Las bornas deberán separarse en grupos según potencia, mando u otros. Pueden ser adyacentes pero **perfectamente identificados. Obligatorio para conexión exterior a interior de envolvente**
- Mínimo IP22, tapar con prensaestopas, espumas, racores, etc
- Las entradas de cables pueden ser desmontada *insitu* fácilmente
- Separación potencia de control

Norma seguridad de máquinas IEC 60204

15. Cableado

- **Utilizar terminales o punteras.** Para la conexión de dos cables en la misma puntera utilizar las apropiadas (las dobles)
- **Identificar cables por conexiones** (equipotenciales) en una punta y la otra. Misma identificación que los esquemas. No repetir identificaciones, cada equipotencial con el suyo
- **Colores**
 - **Azul claro: neutro**
 - **Negro, gris, marrón : activos trifásicos**
 - **Negro: activo continua**
 - **Azul: mando en continua**
 - **Rojo: mando en alterna**
 - **Naranja: enclavamiento de mando alimentados por fuentes externas**
 - **Verde/amarillo: tierra**

Ver RBT para secciones de cable para intensidades

16. Embarrado o barras de distribución

Diferenciar: fuerza, mando, tierra y neutro. Deben ser distintos

Deben estar protegidos por tapas puestas a tierra

Los cables de derivación (desde la barra de distribución) deben ser lo más cortos posibles y soportar 1.5 la intensidad máxima previsto para el magnetotérmico de esa derivación.