

Dispositivos de enclavamiento asociados a resguardos: interruptores de posición accionados mecánicamente

Interlocking devices associated with guards: position switch
Dispositifs de verrouillage associés à des protecteurs: interrupteur de position

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo (INSSBT)

Elaborado por:

Jorge Sanz Pereda
 CENTRO NACIONAL DE VERIFICACIÓN DE MAQUINARIA. INSSBT

Este documento sustituye a la NTP 11 y proporciona información sobre la utilización de dispositivos de enclavamiento asociados a resguardos empleados como sistema de protección previsto fundamentalmente para proteger a las personas frente a los peligros mecánicos originados por las partes móviles peligrosas de las máquinas en aplicaciones industriales. En particular facilita información sobre los interruptores de posición (finales de carrera) accionados mecánicamente.

Este documento trata de especificar los requisitos para su selección, formas de utilización e instalación.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. MARCO NORMATIVO-LEGAL

La normativa de comercialización actual en relación a las máquinas nuevas fabricadas en la Comunidad Europea y a las nuevas o usadas procedentes de terceros países, está contenida en la Directiva “Máquinas” 2006/42/CE, transpuesta al derecho nacional por el Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas, que sustituyó a la anterior a partir del 29 de diciembre de 2009.

La Directiva “Máquinas” 2006/42/CE incluye dentro de su campo de aplicación a una serie de productos, entre los que se encuentran los “componentes de seguridad” en los que se enmarcan los “dispositivos de enclavamiento”.

En consecuencia, un dispositivo de enclavamiento debe comercializarse con su correspondiente Declaración CE de conformidad, su marcado CE y su manual de instrucciones.

Desde el punto de vista de la utilización, la normativa a tener en cuenta para estos dispositivos está contenida en el Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio; en el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en particular el pto. 8, del Anexo I.1 de dicho real decreto, según el cual, cuando los elementos móviles de un equipo de trabajo puedan entrañar riesgos de accidente por contacto mecánico, deberán ir equipados con resguardos o dispositivos que impidan el acceso a las zonas peligrosas o que detengan las maniobras peligrosas antes del acceso a dichas zonas. En este punto se indica que, los resguardos y los dispositivos de protección:

- Serán de fabricación sólida y resistente.
- No ocasionarán riesgos suplementarios.
- No deberá ser fácil anularlos o ponerlos fuera de servicio.
- Deberán estar situados a suficiente distancia de la zona peligrosa.

- No deberán limitar más de lo imprescindible o necesario la observación del ciclo de trabajo.
- Deberán permitir las intervenciones indispensables para la colocación o la sustitución de las herramientas, y para los trabajos de mantenimiento, limitando el acceso únicamente al sector en el que deba realizarse el trabajo sin desmontar, a ser posible, el resguardo o el dispositivo de protección.

2. DEFINICIONES

Se definen los distintos dispositivos y sistemas utilizados en esta NTP.

- Dispositivo de enclavamiento o enclavamiento:** Dispositivo asociado a un resguardo móvil cuyo propósito es impedir las funciones o movimientos peligrosos de la máquina mientras el resguardo no esté cerrado. El dispositivo de enclavamiento está compuesto por el interruptor de posición y el actuador. Ver Figura 1.
- Actuador:** Es la parte separada del dispositivo de enclavamiento que transmite el estado del resguardo (cerrado o no cerrado) al sistema de accionamiento; por ejemplo, leva montada en el resguardo, lengüeta.

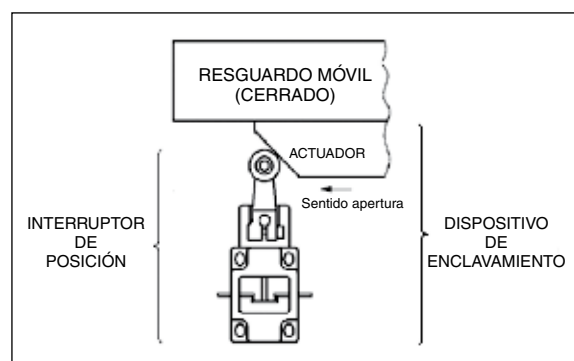


Figura 1. Elementos de un dispositivo de enclavamiento.

Existen actuadores codificados que están especialmente diseñados para accionar un determinado interruptor de posición, por ejemplo mediante su forma.

- **Interruptor de posición:** Es la parte del dispositivo de enclavamiento que detecta, al ser accionado, en qué posición se encuentra el resguardo móvil (cerrado o no cerrado). Existen varios tipos diferentes, por ejemplo, los de lengüeta, bisagra, palanca con rodillo, varilla, palanca metálica con muelle, de pulsador, etc. El interruptor de posición consta de dos elementos, el sistema de accionamiento y el sistema de salida. Ver figura 2.

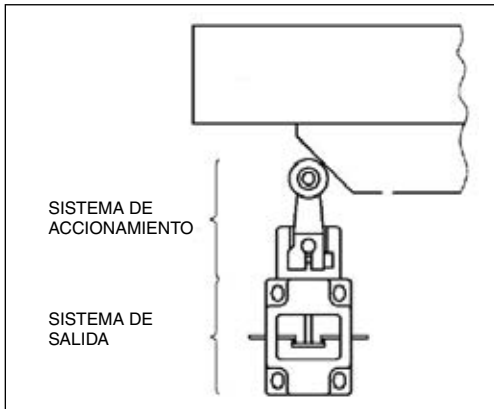


Figura 2. Elementos del interruptor de posición.

- **Sistema de accionamiento:** Parte del interruptor de posición que transmite la posición del actuador y modifica el estado del sistema de salida; por ejemplo, rodana, mecanismo de leva, etc.
- **Sistema de salida:** Parte del interruptor de posición que indica el estado del resguardo al sistema de mando; por ejemplo, elementos de contacto (electromecánico), salida de semiconductor, válvula, etc.
- **Resguardo con dispositivo de enclavamiento:** Resguardo asociado a un dispositivo de enclavamiento, de manera que, junto con el sistema de mando de la máquina desempeña las funciones siguientes:
 - Las funciones peligrosas protegidas por el resguardo, no se pueden desempeñar hasta que el resguardo esté cerrado;
 - Si se abre el resguardo, el dispositivo de enclavamiento ordena la parada de las funciones peligrosas de la máquina;
 - El cierre del resguardo no provoca por sí mismo la puesta en marcha de las funciones peligrosas.
 Un resguardo puede estar asociado a uno o más dispositivos de enclavamiento y estos dispositivos pueden ser también diferentes entre sí.
- **Neutralización:** Acción que hace al dispositivo de enclavamiento inoperativo o que sea burlado con el resultado de que la máquina se utiliza de manera no prevista por el diseñador o sin las necesarias medidas de seguridad.
- **Neutralización de manera razonablemente previsible:** Neutralización de un dispositivo de enclavamiento ya sea manualmente o utilizando objetos fácilmente disponibles. Esto incluye la retirada de interruptores o de actuadores utilizando herramientas que son necesarias para el uso previsto de la máquina o fácilmente disponibles (destornillador, llave inglesa, llave hexagonal, alicates).

Objetos fácilmente disponibles como sustitutos de actuadores incluyen tornillos, agujas, trozos de chapa, objetos de uso cotidiano tales como llaves, monedas, cinta adhesiva, cuerdas y alambres, llaves de repuesto en el caso de dispositivos de enclavamiento por transferencia de llave, y actuadores de repuesto.

- **Acción mecánica directa/positiva:** Movimiento de un componente mecánico que, al desplazarse, arrastra inevitablemente a otro componente, bien por contacto directo, bien por medio de elementos rígidos, por ejemplo: la acción mecánica directa de una leva sobre un interruptor de posición. Ver Figura 3.



Figura 3. Acción mecánica directa de una leva sobre un interruptor de posición.

Cuando un componente mecánico, al desplazarse, permite que otro se desplace libremente (por gravedad o por la fuerza de un muelle, etc.), no hay acción mecánica directa/positiva del primero sobre el segundo.

- **Maniobra directa/positiva de apertura de un elemento de contacto eléctrico:** La separación de los contactos eléctricos es el resultado directo del desplazamiento definido del actuador de mando del interruptor a través de piezas rígidas, sin muelles intermedios. Con el actuador en posición de reposo, el funcionamiento de la máquina es posible. Cuando se acciona el actuador se produce la apertura del circuito y como consecuencia se genera el orden de parada de la máquina. Ver Figura 4.

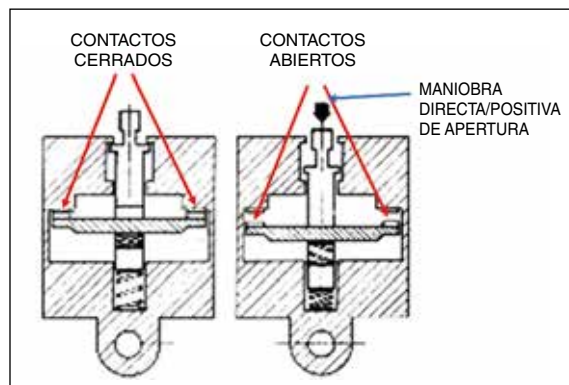


Figura 4. Maniobra directa de apertura.

- **Orden de parada:** Señal generada por el dispositivo de enclavamiento que causa la parada de las funciones peligrosas de la máquina.
- **Tiempo de parada global:** Periodo transcurrido entre el momento en el que se genera el orden de parada

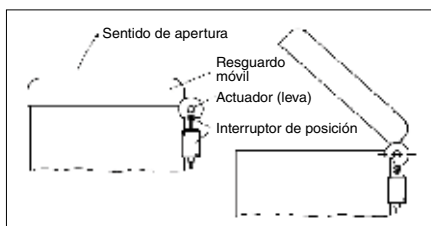


Figura 5. Interruptor de posición accionado por una leva con movimiento rotativo.

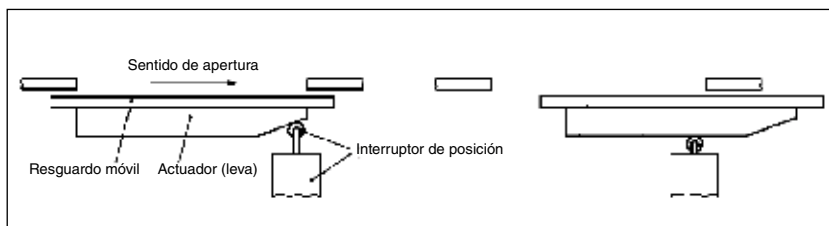


Figura 6. Interruptor de posición accionado por una leva con movimiento lineal.

debida a la apertura del resguardo y la parada de las funciones peligrosas de la máquina.

- **Tiempo de acceso:** Tiempo necesario para que una persona alcance la zona peligrosa después de iniciada la orden de parada por el dispositivo de enclavamiento, calculado en base a una velocidad de aproximación del cuerpo o de parte del cuerpo.

3. TIPOS DE DISPOSITIVOS DE ENCLAVAMIENTO. INTERRUPTORES DE POSICIÓN ACCIONADOS MECÁNICAMENTE

Dispositivo de enclavamiento de tipo 1:

Dispositivo de enclavamiento con interruptor de posición accionado mecánicamente con un actuador no codificado. Ver Figuras 5 y 6.

Dispositivo de enclavamiento de tipo 2:

Dispositivo de enclavamiento con interruptor de posición accionado mecánicamente con un actuador codificado. Ver Figura 7.

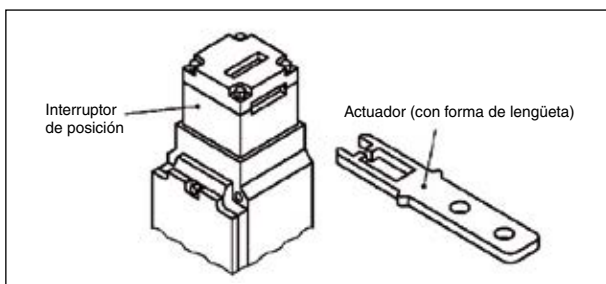


Figura 7. Interruptor de posición con actuador codificado.

Existen otros dos tipos de enclavamiento; dispositivo de enclavamiento de tipo 3 y dispositivo de enclavamiento de tipo 4 que no son objeto de esta NTP por no ser de accionamiento mecánico.

4. PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO

Los dispositivos de enclavamiento proporcionan una función de control de la posición del resguardo que detecta si el resguardo está o no cerrado.

Cuando se utiliza un resguardo asociado a un dispositivo de enclavamiento, el resguardo se puede abrir en cualquier momento independientemente del estado de funcionamiento de la máquina. Si el resguardo está cerrado y se abre, el interruptor de posición asociado genera la orden de parada. Si el resguardo no está cerrado, el

interruptor de posición no permite la puesta en marcha de la máquina.

Para poder utilizar esta función de forma segura y eficaz debe cumplirse la condición de que el tiempo de parada global de las funciones peligrosas de la máquina, de forma que sea imposible acceder a las partes móviles peligrosas de la máquina antes de que estas se detengan.

En algunos casos se utilizan resguardos asociados a un dispositivo de enclavamiento con función de bloqueo, de forma que el resguardo se mantiene bloqueado mientras las funciones peligrosas de la máquina están presentes. Estos dispositivos son los dispositivos de enclavamiento con bloqueo y no se tratan en esta NTP.

5. INSTALACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE ENCLAVAMIENTO

El dispositivo de enclavamiento, compuesto por el interruptor de posición y el actuador, debe estar sólidamente instalado de acuerdo con las instrucciones proporcionadas por el fabricante.

El **interruptor de posición** se deben montar de manera que esté convenientemente protegido contra un cambio de su posición, para ello se deben cumplir los siguientes requisitos:

- El soporte y los elementos de sujeción de los interruptores deben ser lo suficientemente rígidos y fiables para garantizar el funcionamiento correcto del interruptor y para aflojarlos se debe utilizar una herramienta;
- Se debe evitar que se auto aflojen;
- Los interruptores de tipo 1 deben estar diseñados para fijar permanentemente su posición después del ajuste (por ejemplo, mediante chavetas o pasadores.);
- Se debe garantizar el acceso a los interruptores de posición para poder realizar las tareas propias de mantenimiento y comprobación del buen funcionamiento;
- El interruptor debe estar colocado y, si es necesario, protegido de manera que se eviten daños debidos a causas externas previsibles; por ejemplo, ambientes corrosivos, temperaturas extremas, etc.;
- El interruptor de posición sólo se podrá utilizar como tope mecánico si así se indica dentro del uso previsto por el fabricante,
- Si existe un defecto en la alineación del resguardo y se crea un hueco antes de que el interruptor cambie de posición, el hueco creado no debe permitir el acceso a las zonas peligrosas;
- El desplazamiento producido por la acción mecánica se debe mantener dentro de los límites especificados de funcionamiento correcto del interruptor de posición para garantizar un buen funcionamiento y/o impedir sobrerrecorridos;
- Se debe evitar la neutralización razonablemente pre-

visible del interruptor de posición. Véase el apartado 8 “Medidas para minimizar las posibilidades de neutralización de los dispositivos de enclavamiento”.

El **actuador** debe estar sujeto para evitar que se afloje o cambie su posición prevista en relación al sistema de accionamiento durante su vida útil. Para ello se deben cumplir los siguientes requisitos:

- El soporte y los elementos de sujeción de los actuadores deben ser lo suficientemente rígidos y fiables para garantizar el funcionamiento correcto del actuador y para aflojarlos se debe utilizar una herramienta;
- Se debe evitar que se auto aflojen;
- El actuador debe estar colocado y, si es necesario, protegido de manera que se eviten daños debidos a causas externas previsibles;
- El actuador sólo se podrá utilizar como tope mecánico si así se indica dentro del uso previsto por el fabricante;
- El actuador no debe dañar al interruptor de posición ni afectar a su durabilidad.

6. MODOS DE ACCIONAMIENTO DE LOS DISPOSITIVOS DE ENCLAVAMIENTO

Cuando se utiliza un solo dispositivo de enclavamiento de Tipo 1 o de Tipo 2 para generar una orden de parada; este se debe accionar mediante una acción mecánica directa/positiva entre el resguardo, el actuador y el sistema de accionamiento, además el elemento de contacto se debe abrir mediante una maniobra directa/positiva de apertura.

La acción mecánica no-directa/no-positiva de un dispositivo de enclavamiento de Tipo 1 solo se admite en combinación con otro dispositivo de enclavamiento de Tipo 1 o de Tipo 2 accionado por acción mecánica directa/positiva entre el resguardo, el actuador y el sistema de salida.

El montaje de un solo detector de posición en modo no-directo/no-positivo no es admisible ya que permite un burlado fácil del dispositivo. Como ejemplo, en la figura 8, se puede observar un resguardo abierto asociado a un dispositivo de enclavamiento accionado por acción mecánica no-directa/no-positiva. Como consecuencia de un montaje incorrecto, el interruptor de posición es burlado con facilidad, ya que simplemente con la colocación de una brida se simula una situación segura y la máquina puede trabajar sin la protección adecuada (resguardo abierto).



Figura 8. Ejemplo de burlado de un enclavamiento debido a su montaje incorrecto.

La combinación de un dispositivo de enclavamiento de acción mecánica directa/positiva con un segundo dispositivo de enclavamiento de acción mecánica no-directa/no positiva evita fallos de causa común.

Véase el apartado 9; “Combinación de dispositivos para la prevención de fallos de causa común”

Acción mecánica directa/positiva de los dispositivos de enclavamiento tipo 1

El vástago del detector se mantiene hundido por una leva mientras el resguardo está abierto. Cuando se cierra el resguardo, el sistema de salida cambia su estado por la acción de un muelle antagonista. Ver figura 9.

El sistema de salida permanece en estado seguro cuando el resguardo está abierto incluso si se rompe el muelle.

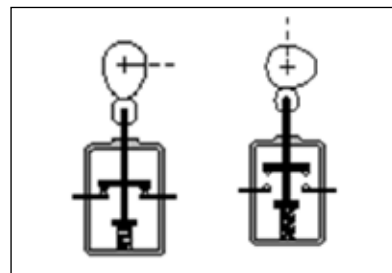


Figura 9. Acción mecánica directa.

Acción mecánica no-directa/no-positiva de los dispositivos de enclavamiento tipo 1

El vástago del detector se mantiene hundido por una leva mientras el resguardo está cerrado. Cuando se abre el resguardo, el sistema de salida cambia su estado por la acción de un muelle antagonista. Ver figura 10.

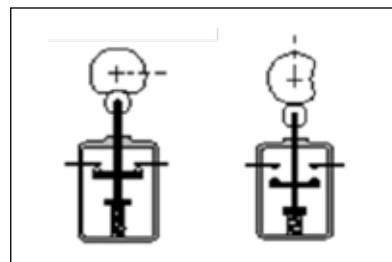


Figura 10. Acción mecánica no-directa.

En este caso la rotura del muelle puede conducir a una situación insegura aunque el resguardo no esté cerrado.

7. SELECCIÓN DE UN DISPOSITIVO DE ENCLAVAMIENTO

A la hora de seleccionar el dispositivo de enclavamiento más adecuado para una determinada máquina se deben tener en cuenta todas las fases del ciclo de vida de la máquina; entre otros, se debe tener en cuenta los siguientes criterios:

- Las condiciones de utilización y uso previsto de la máquina;
- Los peligros presentes en la máquina, la gravedad de las posibles lesiones y la probabilidad de fallo del dispositivo de enclavamiento;

- El nivel de prestaciones PL o el nivel de integridad de la seguridad SIL requerido para la función de seguridad;
- La información para la utilización proporcionada para los dispositivos de enclavamiento,
- Las consideraciones relativas al tiempo de parada global y al tiempo de acceso. Ver figura 11.

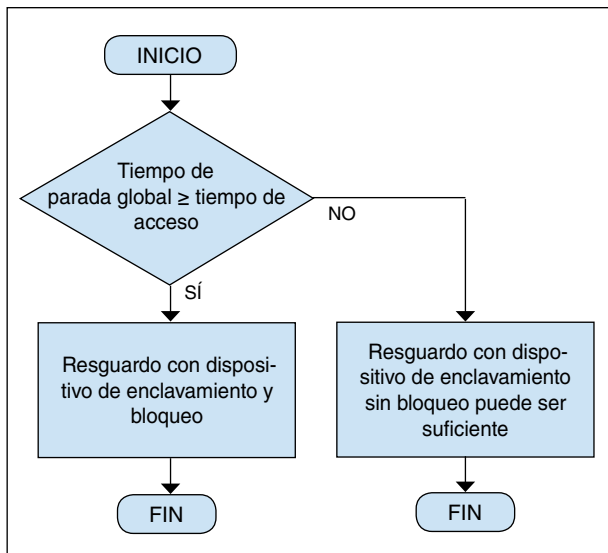


Figura 11. Consideración del tiempo de parada para la selección del dispositivo adecuado.

8. MEDIDAS PARA MINIMIZAR LAS POSIBILIDADES DE NEUTRALIZACION DE LOS DISPOSITIVOS DE ENCLAVAMIENTO

La neutralización o burlado de los dispositivos de enclavamiento pueden incrementar significativamente el riesgo de daño y en la medida de lo posible se deben tomar medidas para minimizar esta posibilidad.

Para evitar que los dispositivos de enclavamiento sean neutralizados de una manera razonablemente previsible se debe seguir el siguiente procedimiento. Ver figura 12.

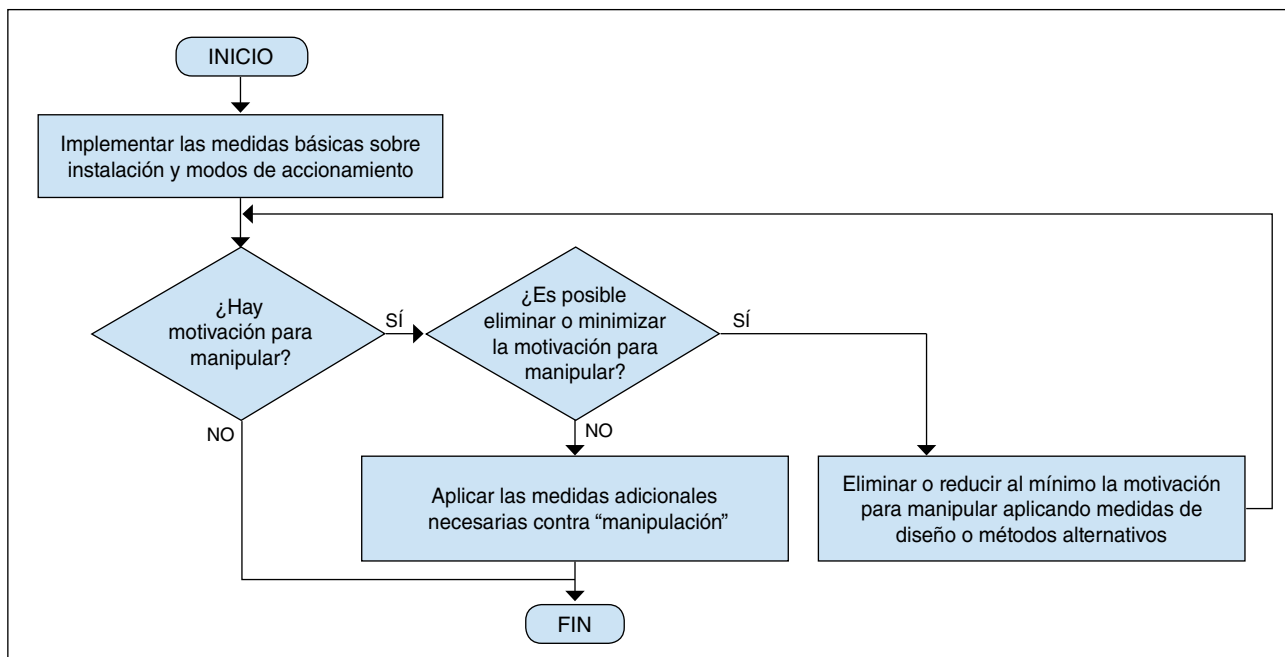


Figura 12. Procedimiento para evitar la neutralización y medidas a tomar.

- Implementar las medidas básicas descritas en los apartados anteriores sobre instalación y modos de accionamiento.
- Verificar si existen motivos para neutralizar los dispositivos de enclavamiento de una manera razonablemente previsible. Procurar que los dispositivos generen las mínimas interferencias posibles con las actividades de la máquina.
- Si todavía existen motivos para la neutralización, adoptar medidas de diseño y/o modos alternativos de funcionamiento que eliminen o minimicen dicha motivación. Si aún persisten los motivos para la neutralización, se requerirán medidas adicionales contra manipulación, tales como las siguientes:
- Impedir el acceso a los elementos de los dispositivos de enclavamiento mediante un montaje fuera del alcance, obstrucción física o pantalla, montaje en posición oculta... Ver figura 13.

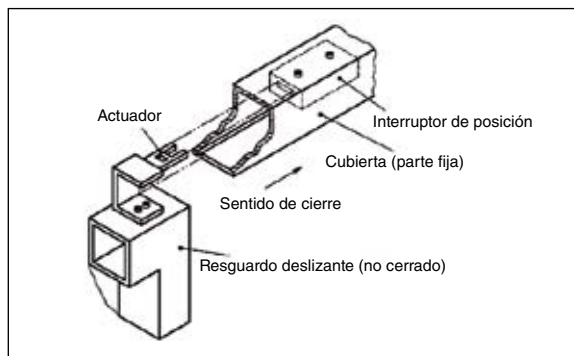


Figura 13. Ejemplo de protección contra la neutralización mediante obstrucción física.

- Utilizar actuadores codificados para impedir el accionamiento mediante sustitutos fácilmente disponibles.
- Impedir el desmontaje o el cambio de posición de los elementos de los dispositivos mediante una fijación permanente, p.e. soldadura, pegado, tornillo de sentido único, remachado... Ver figura 14.



Figura 14. Fijación del actuador mediante tornillos de sentido único.

- Integrar en el sistema de mando una forma de supervisión mediante el control del estado del enclavamiento o mediante ensayos cíclicos; por ejemplo, se le solicita al operador por parte del mando que accione el resguardo. La ausencia de la señal esperada de mando indica una neutralización.
- Instalación de un dispositivo adicional que requiera de una acción adicional para su neutralización; por ejemplo, montajes y cableados separados, o diferentes principios de accionamiento requieren una acción adicional para su neutralización.

A modo de resumen, véase la tabla 1 donde se pueden valorar los principios y medidas adicionales contra la neutralización dependiendo del tipo de dispositivo.

9. COMBINACIÓN DE DISPOSITIVOS PARA LA PREVENCIÓN DE FALLOS DE CAUSA COMÚN

Los fallos peligrosos que se pueden producir en un dispositivo de enclavamiento de acción mecánica directa/positiva pueden ser por:

- Desgaste del sistema de accionamiento (por ejemplo, vástago o rodillo) o del actuador fijado al resguardo.

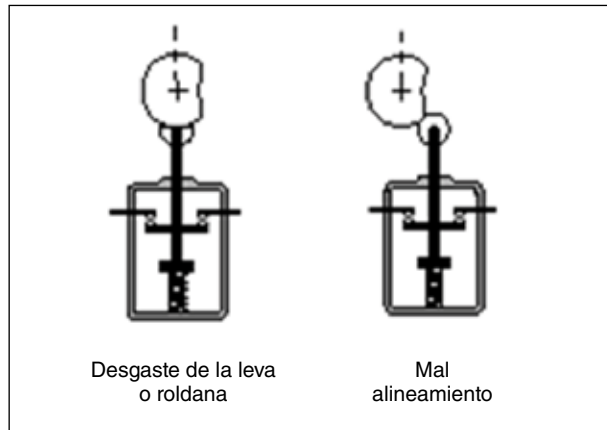


Figura 15. Fallos por desgaste de la leva o por mal alineamiento

- Defecto de alineación entre el actuador y el interruptor de posición. Ver figura 15.

Los fallos peligrosos que se pueden producir en un dispositivo de enclavamiento de acción mecánica no-directa/no-positiva pueden ser por:

- Contactos pegados;
- Agarrotamiento del sistema de accionamiento (vástago), que impide al muelle desempeñar su función o la rotura del muelle. Ver figura 16.

En ambos casos, un fallo peligroso provoca que el circuito permanezca cerrado aunque el resguardo esté abierto.

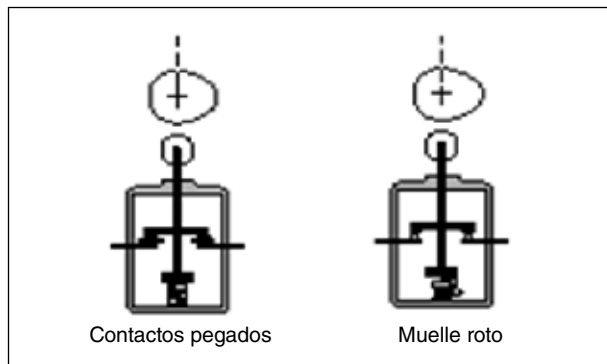


Figura 16. Fallos por contactos pegados o muelle roto.

Principios y medidas	Dispositivos de enclavamiento de Tipo 1	Dispositivos de enclavamiento de Tipo 2, codificados de nivel bajo o de nivel medio	Dispositivos de enclavamiento de Tipo 2 codificados de nivel alto
Montaje fuera de alcance, Obstrucción física/pantalla, Montaje en posición oculta	X	X	
Control de estado o ensayo cíclico			
Fijación permanente del interruptor de posición y del actuador			
Fijación permanente del interruptor de posición			
Fijación permanente del actuador		M	M
Dispositivo de enclavamiento adicional	R	R	

X: Obligatorio aplicar al menos una de las medidas M: Medida obligatoria R: Medida recomendada (adicionalmente)

Tabla 1 - Medidas adicionales contra la neutralización de los dispositivos.

Para prevenir los fallos de causa común se utilizan dispositivos de enclavamiento en montaje redundante combinando un dispositivo de enclavamiento de acción mecánica directa/positiva con un segundo dispositivo de enclavamiento de acción mecánica no-directa/no positiva. Ver figura 17.

Así cuando se produce un fallo peligroso en los interruptores de acción mecánica directa/positiva, la apertura del circuito está garantizada por el otro interruptor de posición de acción mecánica no-directa/no-positiva y viceversa.

También se puede reducir al mínimo la probabilidad de fallos de causa común, asociando a un resguardo dos dispositivos de enclavamiento independientes que interrumpan cada uno de ellos la alimentación de una fuente de energía diferente.

Debido a que se aplican fuentes diferentes de energía un fallo en una de las fuentes de energía no causaría que ambos interruptores de posición fallasen de forma peligrosa.

EJEMPLO: Una máquina utiliza componentes hidráulicos para la ejecución del proceso de producción mientras que el mando de la máquina es eléctrico. La apertura de un resguardo móvil con enclavamiento actúa sobre dos interruptores de posición independientes. El primer interruptor de posición acciona directamente una válvula

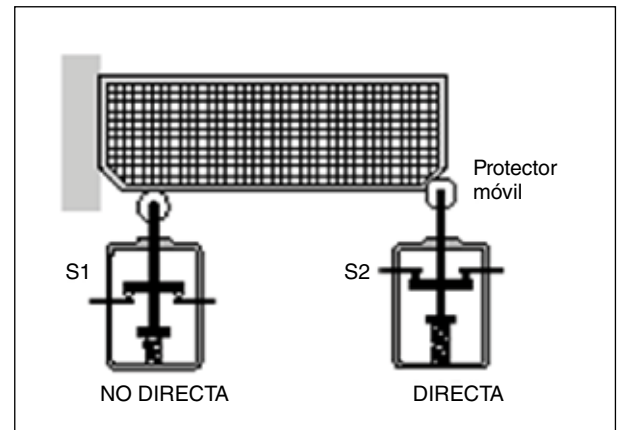


Figura 17. Dispositivos redundantes de prevención de fallo de acción no directa y directa.

hidráulica que interrumpe la presión hidráulica. El segundo interruptor de posición interrumpe la tensión de mando que acciona otra válvula. El accionamiento de cada válvula provocará la desaparición del movimiento peligroso. Debido a las diferentes tecnologías aplicadas, no hay ningún posible fallo de causa común que causaría que ambos interruptores de posición fallen de forma peligrosa.

BIBLIOGRAFÍA

Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas

Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio; en el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo

UNE-EN ISO 12100:2012. Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo. **AENOR**

UNE-EN ISO 14119:2014. Seguridad de las máquinas. Dispositivos de enclavamiento asociados a resguardos. Principios para el diseño y la selección. **AENOR**

UNE-EN ISO 14120:2016. Seguridad de las máquinas. Resguardos. Requisitos generales para el diseño y construcción de resguardos fijos y móviles. **AENOR**

UNE-EN 60204-1:2007+A1:2009. Seguridad de las máquinas. Equipo eléctrico de las máquinas. Parte 1: Requisitos generales. **AENOR**

