



D. JOSÉ PUA BERNAL  
Goyal Ingenieros, S. A.

# Seguridad en las máquinas «Dispositivos de enclavamiento eléctrico con y sin bloqueo, asociados a los resguardos de protección de las máquinas» (interruptores de posicionamiento y seguridad)

## 1. INTRODUCCION

La Directiva del Consejo de las Comunidades Europeas sobre seguridad de máquinas, aprobada en 1989, establece la obligatoriedad para todos los Estados miembros de adaptar una normativa armonizada sobre la materia antes del 31 de diciembre de 1992.

El cumplimiento de las normas que resulten de aplicación será, seguramente, el elemento básico utilizado por las Administraciones para vigilancia del mercado, y también puede resultar decisivo en las decisiones judiciales ante reclamaciones por daños y perjuicios atribuidos a la máquina o máquinas implicadas.

El presente trabajo trata de los «dispositivos de enclavamiento eléctrico con y sin bloqueo, asociados a



*La importancia de integrar las exigencias de seguridad, en su más amplio contexto, en la fase del proyecto es fundamental para poder conseguir, de una forma racional, los objetivos propuestos.*

los resguardos de protección de las máquinas». A la espera de la promulgación de la norma europea armonizada correspondiente, se resume lo establecido por la BS 5304: 1988, que actualiza el contenido original de 1975 y que, recordamos, fue traducida al español y editada como norma UNE 81-600-85 «Técnicas de seguridad aplicadas a las máquinas». La razón de que sigamos, casi fielmente en este trabajo, la norma británica, se apoya en el hecho de que la misma está siendo utilizada como primer elemento de referencia por el grupo de trabajo encargado de elaborar la normativa europea sobre seguridad de máquinas en el apartado que nos ocupa.

Creemos, por tanto, que, aunque imperfecto, nuestro trabajo puede facilitar, tanto a los fabricantes de máquinas en fase de diseño como a los directores de proyectos de instalaciones complejas en periodo de desarrollo, un conocimiento aproximativo anticipado del contenido más probable de la norma europea armonizada.

## 2. GENERALIDADES

### 2.1. Seguridad en la fase del proyecto de la máquina (o instalación compleja).

La importancia de integrar las exigencias de seguridad, en su más amplio contexto, en la fase del proyecto es fundamental para poder conseguir, de una forma racional, los objetivos propuestos.

Los estadios básicos para reducir los riesgos que pueden ser aplicados a peligros de origen mecánico son:

- Identificación del peligro o peligros.
- Eliminación o reducción de los mismos actuando sobre el proyecto.
- Incorporación de los elementos de protección y seguridad adecuados.
- Utilización de prácticas de trabajo seguras.

En estas etapas se deben considerar, en tanto ello sea posible, los riesgos asociados con todas las fases de la vida de la máquina, como son las de:

- Construcción.
- Transporte.
- Instalación.
- Pruebas.
- Funcionamiento.
- Cambios de asentamiento.
- Mantenimientos (predictivo, preventivo, correctivo).
- Limpieza.
- Desmontaje y puestas fuera de servicio.

### 2.2. Evaluación de riesgos

La norma británica, en su revisión de 1988, considera, básicamente, dos factores a tener en cuenta para determinar el grado de seguridad a adoptar en los medios de protección de máquinas. Estos factores son:

- Gravedad de las lesiones previsibles.
- Probabilidad de que el hecho se produzca.

La selección del método de enclavamiento, atendiendo al riesgo evaluado en cada caso, se facilita utilizando como guía la incluida en la BS 5304: 1988.

## 3. CONCEPTOS BASICOS DE LOS DISPOSITIVOS DE ENCLAVAMIENTO ELECTRICO ASOCIADOS A LOS RESGUARDOS DE PROTECCION DE MAQUINARIA

### 3.1. Definición de enclavamiento en general

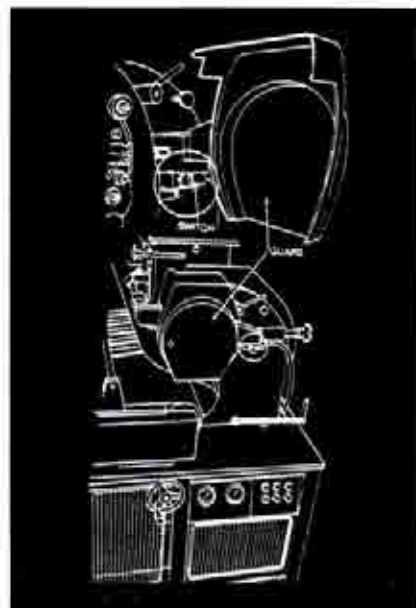
Es un dispositivo de seguridad mecánico, eléctrico o de otro tipo cuyo



objeto es impedir, bajo condiciones establecidas, el accionamiento de una máquina o instalación.

### 3.2 Dispositivo de enclavamiento eléctrico sin bloqueo asociado a resguardos de máquinas

El dispositivo de enclavamiento eléctrico sin bloqueo, asociado a un resguardo de máquina, impide que ésta pueda funcionar hasta que el resguardo esté cerrado. Si el resguardo es abierto mientras la máquina está en marcha, se origina un orden de paro. La máquina puede ser arrancada cuando el resguardo se cierra, aunque no puede serlo por medio de éste.





### 3.3. Dispositivo de enclavamiento eléctrico con bloqueo asociado a resguardos de máquinas

El dispositivo de enclavamiento eléctrico con bloqueo, asociado a un resguardo de protección, impide que la máquina pueda funcionar hasta que el resguardo está cerrado y bloqueado; además, el resguardo permanece cerrado y bloqueado hasta que el riesgo de daños ha desaparecido totalmente.

### 3.4. Organo de bloqueo

Es un dispositivo cuya misión es mantener el resguardo en posición de cerrado. Normalmente consiste en un bloqueo mecánico actuado mediante solenoide o pistón.

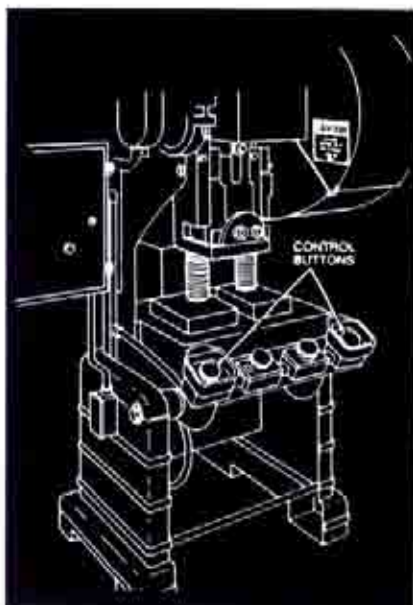


## 4. METODOS DE ENCLAVAMIENTO ELECTRICO DE LOS RESGUARDOS DE PROTECCION

### 4.1. Métodos de interrupción de la alimentación de fuerza

Los métodos que aseguran la interrupción de la alimentación de fuerza cuando el resguardo está abierto se clasifican en los siguientes grupos:

- a) El dispositivo de enclavamiento actúa directamente sobre el circuito de potencia de la máquina, interrumpiendo su alimentación.
- b) El dispositivo de enclavamiento actúa indirectamente, interrumpiendo la alimentación de la máquina a través de su circuito de mando o control.



Además, cada resguardo (en ambos grupos) puede adecuarse para operar con su dispositivo de bloqueo de dos formas diferentes:

1. El dispositivo de enclavamiento tiene que situarse en la posición de desconectado antes que el resguardo pueda ser abierto (resguardo condicionado).

2. El dispositivo de enclavamiento es accionado por el movimiento del resguardo (resguardo accionado).

### 4.2. Métodos más comunes de enclavamiento

#### 4.2.1. Enclavamiento directo sobre el circuito de fuerza con resguardo condicionado

En este método de enclavamiento la fuente de alimentación de fuerza de la máquina es interrumpida directamente por un dispositivo único (interruptor de potencia), el cual:

- a) Condiciona físicamente que el resguardo pueda ser abierto mientras no haya sido interrumpida la alimentación de fuerza de la máquina.
- b) Es mantenido físicamente por el resguardo cuando éste se encuentra abierto en la posición de desconectado.

Este es uno de los métodos previstos en la norma británica para supuestos de muy alto riesgo.

#### 4.2.2. Enclavamiento directo sobre el circuito de fuerza con resguardo accionado

En este método de enclavamiento también la fuente de alimentación de fuerza de la máquina es interrumpida directamente por un dispositivo único (interruptores de potencia), el cual es automáticamente accionado por el movimiento del resguardo.

Este y el dispositivo de enclavamiento deben conjugarse para que la alimentación eléctrica permanezca desconectada cuando el resguardo está abierto y en cualquier otra posición que no sea la de cerrado.

Este método está previsto en la BS 5304: 1988 para casos de riesgo elevado.

#### 4.2.3. Sistema de doble enclavamiento con control cruzado y autovigilado sobre el circuito de mando

En este sistema están previstos dos dispositivos de desconexión, cada uno capaz de interrumpir, indirectamente, la fuerza de alimentación de la máquina. Los dispositivos de bloqueo pueden instalarse en serie, de tal forma que el accionamiento de cualquiera de ellos provoca el corte de la alimentación.

Los dispositivos de desconexión y sus sistemas de control cruzado son autovigilados, de tal forma que cualquier fallo es inmediatamente detectado.

Este sistema es, junto con el indicado en el punto 4.2.1, el indicado para casos de muy alto riesgo.



#### 4.2.4. Sistema de doble enclavamiento sin control cruzado sobre el circuito de mando

El sistema sigue los mismos principios que el anterior, pero sin contar con la posibilidad de verificar automáticamente el correcto funcionamiento de los dispositivos indirectos de desconexión de la fuente de alimentación de la máquina.

**El sistema es indicado para casos de riesgo intermedio.**

#### 4.2.5. Sistema de enclavamiento simple sobre el circuito de mando

El sistema consta de un dispositivo de enclavamiento que, indirectamente desconecta la fuente de alimentación de la máquina. No tiene tan alto grado de fiabilidad como los sistemas relacionados anteriormente, debido a que existe una gran posibilidad de que el fallo de un solo componente sea causa de que el sistema, en su conjunto, falle. Por tal motivo, el sistema deberá proyectar-

se e instalarse utilizando el mínimo número de componentes.

En algunos casos, un incremento de la fiabilidad del sistema se puede conseguir duplicando aquellas partes del mismo que presentan mayor riesgo de fallo.

Cuando el sistema tiene dos circuitos, los dispositivos de enclavamiento accionados por el resguardo deberían instalarse funcionando de modo opuesto (uno en modo positivo y otro en modo negativo).

**El sistema sólo está permitido para supuestos de bajo riesgo.**

### 5. AVERIAS EN LOS SISTEMAS DE ENCLAVAMIENTOS ELECTRICOS

#### 5.1. Generalidades

Los sistemas eléctricos de las máquinas deben cumplir con las siguientes normas:

EN 60204-1: 1985 o su equivalente.  
UNE 20416-1989, «Equipos eléctricos de las máquinas industriales». Parte 1. Reglas generales.

IEC 947-5-1, «Low-voltage switchgear and controlgear». Part 5: Control circuit devices and switching elements. Chapter 1: Definitions, characteristics, tests. Section 3: Special requirements for control switches with positive opening operation.

#### 5.2. Actuación en modo positivo o negativo

Los componentes eléctricos normalmente adoptan una de las dos condiciones en caso de fallo; por ejemplo, circuito abierto o cerrado. Esta alternativa debe ser cuidado-

FIGURA 2



samente considerada al realizar la instalación. Así, los interruptores de posición pueden ser instalados de dos modos diferentes: positivo o negativo. En el modo positivo, una leva solidaria con el resguardo presiona mecánicamente el vástago o palanca del interruptor, abriendo los contactos del mismo, cuando el resguardo está abierto. En el modo negativo, cuando se cierra el resguardo, la leva solidaria presiona el vástago o palanca; cuando el resguardo está abierto los muelles destensados accionan los contactos hasta su posicionamiento de seguridad, que no se podrá alcanzar si el muelle de retorno falla o se ha producido una soldadura de los contactos. Además, el enclavamiento puede ser anulado fácilmente actuando sobre el vástago o palanca mientras el resguardo está abierto (ver figuras 1 y 2).

Los detectores accionados por levas de modo positivo pueden, no obstante, tener «fallos» en los casos de un excesivo desgaste o desplazamiento de dichos órganos, traducido en un desplazamiento insuficiente para modificar el estado del detector de posición.

Las levas rotatorias y lineales para los detectores de posición accionados mecánicamente deberán proyectarse teniendo en cuenta la velocidad y ángulo de funcionamiento, para evitar que puedan dañarse o que su vida útil se reduzca.

Cuando se utilice un solo detector de posición deberá instalarse en modo positivo. La instalación en modo negativo sólo se permite en conjunción con un sensor instalado en modo positivo.

Para reducir el riesgo de fallos de origen común pueden asociarse detectores de posición en modo positivo y negativo, accionados mecánicamente.

*El dispositivo de enclavamiento eléctrico sin bloqueo, asociado a un resguardo de máquina, impide que ésta pueda funcionar hasta que el resguardo esté cerrado.*

FIGURA 1





### 5.3. Requerimientos para minimizar las posibilidades de manipulación y anulación de los enclavamientos

Los sensores de los enclavamientos serán instalados de tal forma que no puedan ser anulados de una manera sencilla. Esto significa que no será posible manipular los dispositivos de enclavamiento manualmente o con medios auxiliares sencillos, tales como objetos de metal (destornilladores, punzones, pinzas de metal, etc.) u objetos de uso diario (llaves, papel metálico, cortauñas, etc.).

Los impedimentos para hacer más difícil las manipulaciones son:

- El uso de dispositivos o sistemas codificados (mecánica, eléctrica, magnética u ópticamente...).
- La obstrucción física o el recubrimiento de los dispositivos de enclavamiento mientras el resguardo está abierto.

Cuando el sistema se basa en actuadores o llaves (codificadas o no) deberá tenerse en cuenta la disponibilidad de actuadores de repuesto o de llaves maestras.

### 5.4. Interruptores de proximidad

Los interruptores de proximidad que requieren solamente la presencia o ausencia de metal para su accionamiento no son adecuados, generalmente, para cometidos de en-

*En algunos casos, un incremento de la fiabilidad del sistema se puede conseguir duplicando aquellas partes del mismo que presentan mayor riesgo de fallo.*

clavamiento, ya que pueden ser fácilmente anulados, al menos que el método de montaje les confiera protección contra esa posibilidad.

### 5.5. Interruptores magnéticos

Los interruptores magnéticos deberán ser seleccionados de acuerdo con las características de aplicación.

Los interruptores de tipo *reed* no son adecuados, generalmente, para funciones de enclavamiento, ya que pueden ser anulados mediante un imán apropiado y las vibraciones pueden afectarles negativamente. Sin embargo, interruptores tipo *reed* diseñados por fabricantes de dispositivos de protección de maquinaria están disponibles. Sus características incluyen una gran inmunidad frente a las vibraciones, así como protección de contactos soldados.

## 6. INTERRUPTORES DE ENCLAVAMIENTO

### 6.1. Requerimientos generales

En adición a lo establecido en BS 4974, partes I y II, así como en EN 60204 (UNE 20416-89), se deberán cumplir los siguientes requerimientos:

- a) El dispositivo de enclavamiento utilizado en dispositivos de seguridad debe estar previsto para más de un millón de operaciones.
- b) El grado de protección mínimo de la envolvente debe ser Ip54, de acuerdo con la IEC 144.

### 6.2. Relación de interruptores de seguridad

Los interruptores utilizados más frecuentemente para enclavamiento de los resguardos y otros medios de protección son los siguientes:

- a) Interruptores de posición accionados por leva.
- b) Interruptores con actuador de lengüeta.
- c) Interruptores de seguridad con bloqueo por solenoide.
- d) Interruptores de llave cautiva.
- e) Interruptores eléctricos de llave prisionera.
- f) Interruptores inductivos de proximidad.
- g) Interruptores magnéticos.
- h) Clavija con diodo.
- i) Cerrojos electrónicos, de acción manual, con retardo.
- j) Cerrojos eléctricos accionados por solenoide.

*Los dispositivos de bloqueo pueden instalarse en serie, de tal forma que el accionamiento de cualquiera de ellos provoca el corte de la alimentación.*

- k) Interruptores de tirón.
- l) Interruptores de antena.
- m) Sistemas de seguridad electrónicos de doble enclavamiento con control cruzado y autovigilado.

Los dispositivos de seguridad deben elegirse sólo entre aquellos cuyas características, garantizadas por el fabricante, cumplan con las exigencias específicas de su aplicación.

Como datos de carácter general a tener en consideración se pueden mencionar:

- a) Resistencia a las condiciones ambientales (por ejemplo de protección IP, resistencia a la corrosión, resistencia a la vibración, interferencia electromagnética, etc.).
- b) Evaluación de la vida útil.
- c) Características técnicas de funcionamiento.
- d) Fiabilidad.
- e) Homologaciones y cumplimiento con normas.

### 6.3. Interruptores de posición accionados por levas (Figs. 3, 3a y 3 b)

Un interruptor de posición accionado únicamente por leva puede serlo de forma positiva o negativa, como se ha explicado anteriormente.

En general, para la mayoría de las funciones de seguridad, y en particular en el método de enclavamiento de control simple, la instalación del interruptor será realizada en modo positivo.



FIGURA 3

La instalación de interruptores en modo negativo sólo se permite cuando actúan asociados con otros instalados de forma positiva.

**6.4. Interruptores con actuador mecánico de lengüeta y asimilados (Figs. 4, 4a, 4b, 5 y 5a)**

Generalmente, en este tipo de interruptores, el actuador de lengüeta se fija en la parte móvil del resguardo, actuando así, en forma positiva, sobre la combinación de levas del interruptor, que está instalado en la parte fija de la máquina.

El interruptor debe incorporar sistema o sistemas antimanipulación que impidan su anulación con herramientas de uso común.

FIGURA 3a

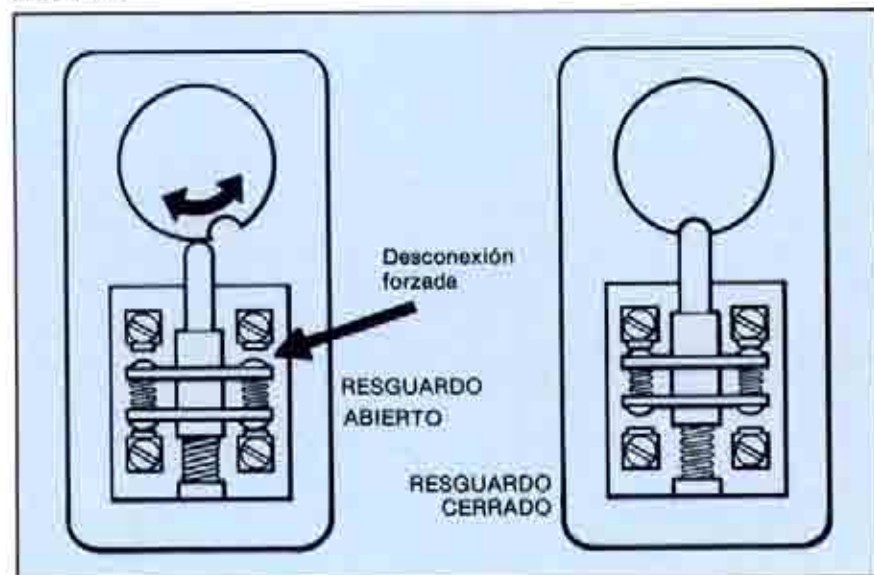
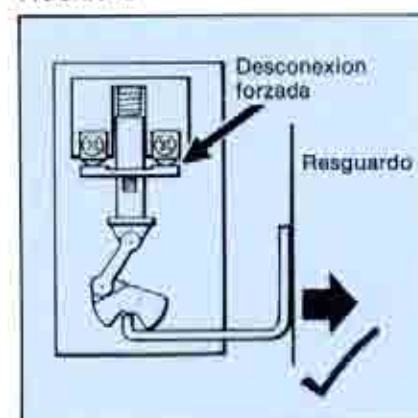


FIGURA 4a



FIGURA 4b



**6.5. Interruptores de seguridad con bloqueo por solenoide (Figs. 6, y 6a)**

El interruptor de seguridad con bloqueo por solenoide incorpora un solenoide que mantiene bloqueado



FIGURA 5



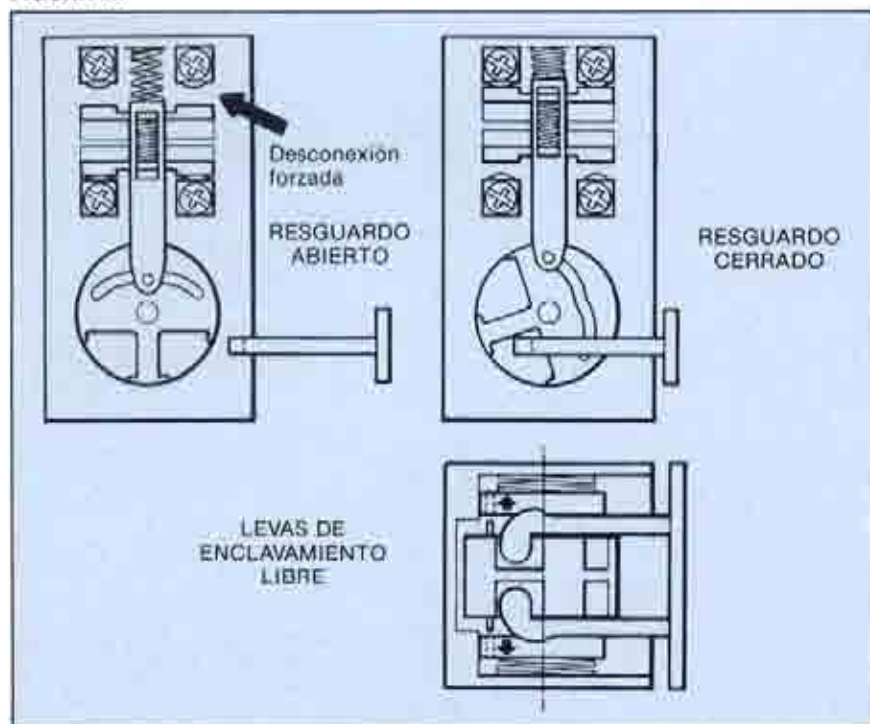
FIGURA 6



FIGURA 6a



FIGURA 5a



el resguardo cuando éste se encuentra en posición de cerrado. La posición del resguardo debe ser controlada eléctricamente, y donde es previsible que la función de bloqueo del actuador pueda ser anulada, la posición de bloqueo también debe ser verificada, de tal forma que la máquina no pueda funcionar, a menos que el resguardo esté cerrado y el actuador en su lugar. Una vez cerrado el resguardo no puede ser abierto

sin que la energía eléctrica active el cerrojo de bloqueo del solenoide, la cual puede ser suministrada bien a través de un dispositivo de temporización o bien a través de una fuente remota, como pueden ser sensores de rotación, de temperatura o de control de ciclo en máquinas automáticas.

Una vez que la alimentación activa el solenoide, el vástago de bloqueo puede ser retraído bien automática-

mente o bien actuando sobre otro medio de control separado, permitiéndose así la liberación del resguardo.

### 6.6. Interruptores de llave cautiva

El interruptor de llave cautiva consiste en una llave, que es fijada en la parte móvil del resguardo, y un interruptor eléctrico, combinado con una cerradura, instalado en la parte fija de la máquina. Para abrir el resguardo, la llave es girada, situando el interruptor en la posición de desconectado, permitiéndose así también que el resguardo pueda ser abierto.

### 6.7. Interruptores eléctricos de llave prisionera (Figs. 7, y 7a)

En un sistema de enclavamiento con interruptores de llave prisionera,

FIGURA 7

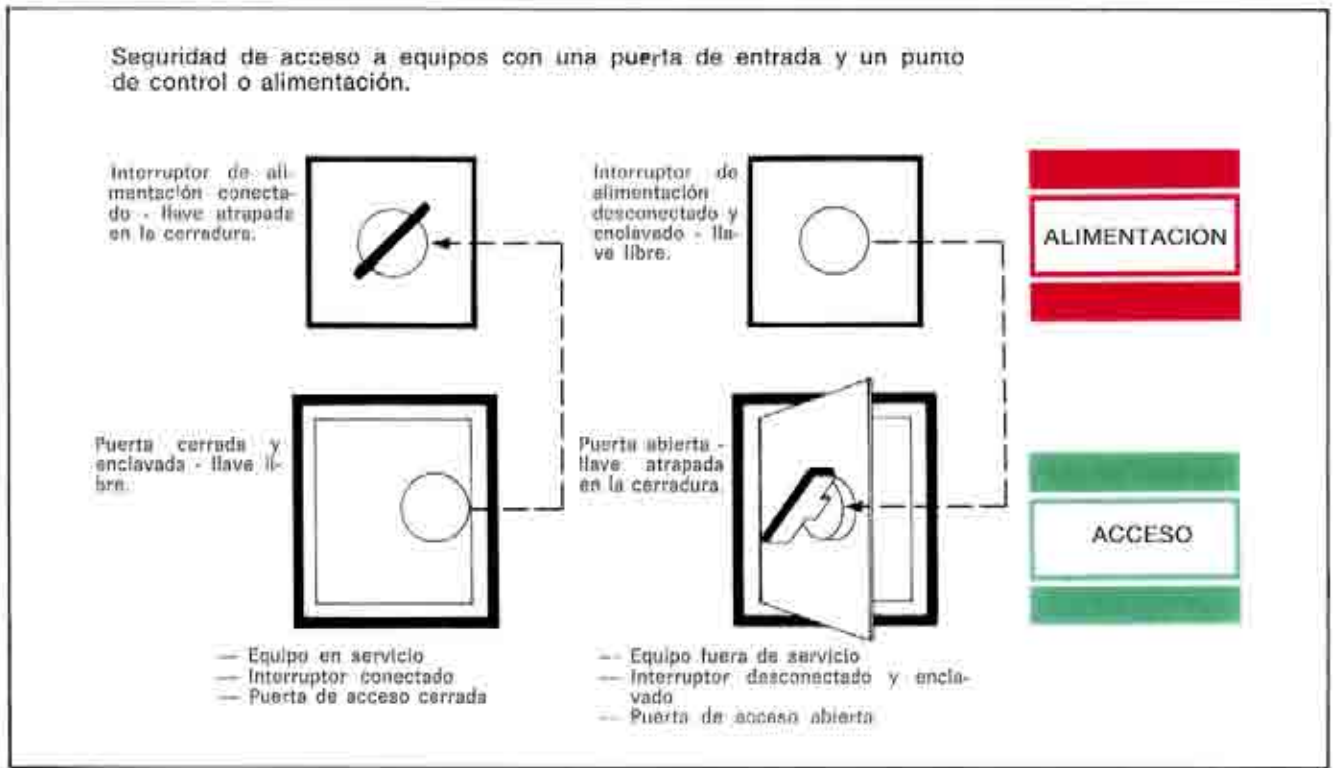
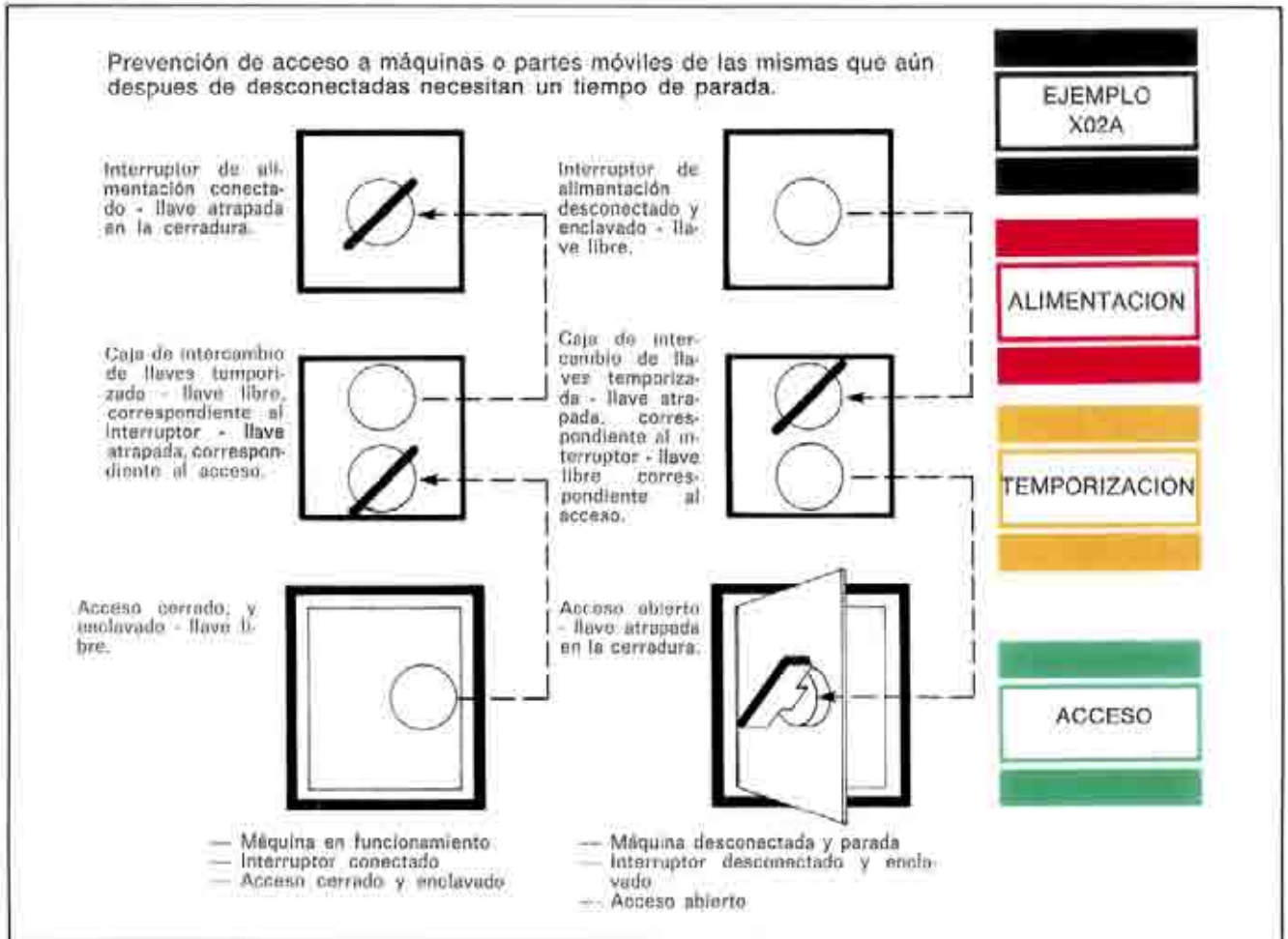


FIGURA 7a





el resguardo y el interruptor de alimentación electrónica incorporan sendas cerraduras accionadas por una única llave.

La característica esencial del método consiste en que la llave permanece atrapada bien en la cerradura del resguardo o en el interruptor eléctrico. La cerradura del resguardo está dispuesta de tal forma que la llave sólo puede liberarse de la cerradura cuando el mismo está cerrado y enclavado, permitiéndose así la transferencia al interruptor para que pueda posicionarse en conectado.

#### 6.8. Interruptores inductivos de proximidad

Como ya se indicó anteriormente, no son, generalmente, muy adecuados para realizar cometidos de bloqueo de los medios de protección de máquinas, ya que pueden ser fácilmente manipulados. Aquellos que han sido específicamente diseñados como dispositivos de enclavamiento, incorporan sistemas de codificación complementarios.

#### 6.9. Interruptores magnéticos (Fig. 8)

Nos remitimos a lo expuesto en el punto 5.5.

#### 6.10. Clavija con diodo

Un enchufe de clavija con un diodo puede ser utilizado como un interruptor de control. El enchufe se incorpora al circuito de control y se instala sobre la máquina, mientras

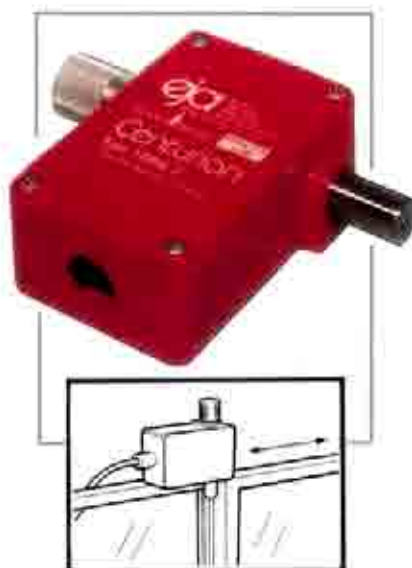
que la clavija se fija en el resguardo.

El método de puentado por diodo utiliza un relé que sólo es accionado por corriente continua, permaneciendo insensible a la corriente alterna. El relé de control no puede ser cerrado, a menos que la corriente alterna sea rectificadada a través del diodo que puentea ambos terminales del enchufe. Esto reduce el riesgo de que el sistema pueda ser anulado mediante la inserción de un hilo conductor en el enchufe.

Es esencial que el riesgo de electrocución se reduzca utilizando un sistema de muy bajo voltaje (50 V - 24 V c/a y 120 V c/c).

#### 6.11. Cerrojos eléctricos, de acción manual, con retardo (Figs. 9, y 9a)

FIGURA 9



En lugar de un mecanismo de retardo, el cerrojo operado manualmente basa su temporización en el tiempo que se requiere rotando el mismo. Por ejemplo, el dispositivo de bloqueo puede ser proyectado para accionar un interruptor de posición de tal forma que cuando el cerrojo es desenroscado, en las primeras vueltas se produce la apertura de los contactos y la desconexión de la alimentación del interruptor.

#### 6.12. Cerrojos eléctricos accionados por solenoide

Su utilización requiere un cuidadoso estudio. La BS 6753 especifica los requerimientos relativos a las características de estos dispositivos.

FIGURA 10

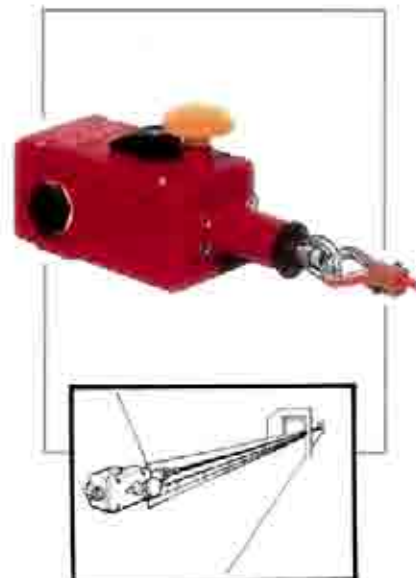
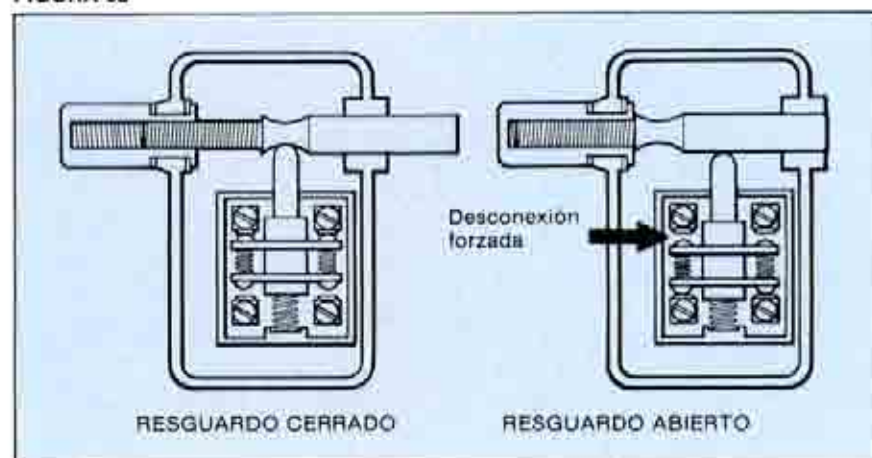


FIGURA 8



FIGURA 9a



Su fiabilidad puede incrementarse controlando la posición del cerrojo, de tal forma que la máquina sólo puede funcionar cuando el cerrojo se encuentra extendido, bloqueando el resguardo en posición de cerrado.

### 6.13. Interruptores de tirón (Figs. 10, 10a y 10b)

Normalmente, los interruptores de tirón se utilizan cuando no existe posibilidad de un sistema efectivo de resguardos. Por ello, se recomienda que sólo interruptores específicamente proyectados para tal aplicación puedan ser instalados.

FIGURA 10a

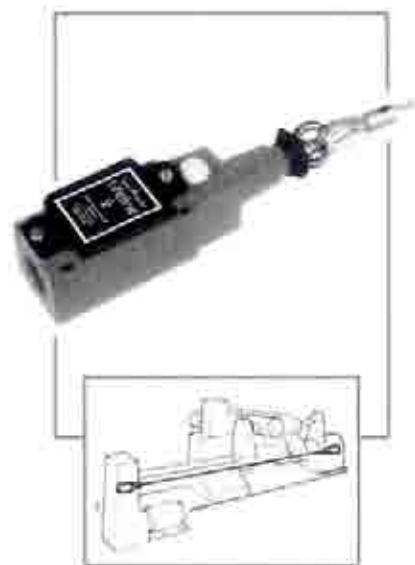
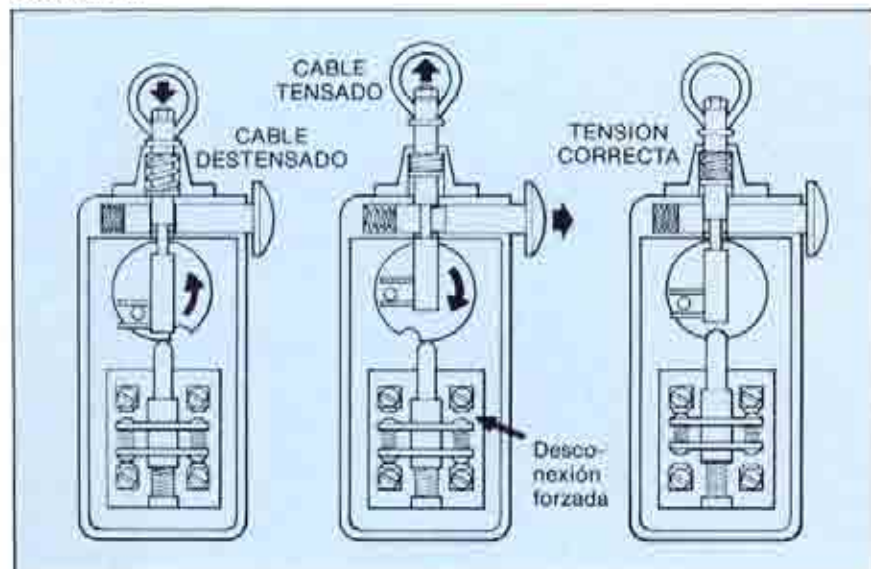


FIGURA 10b



### 6.14. Interruptores de antena (Fig. 11)

Su aplicación principal es la de detectores de posición. Estos se utilizan en máquinas que no permiten la instalación de resguardos de protección.

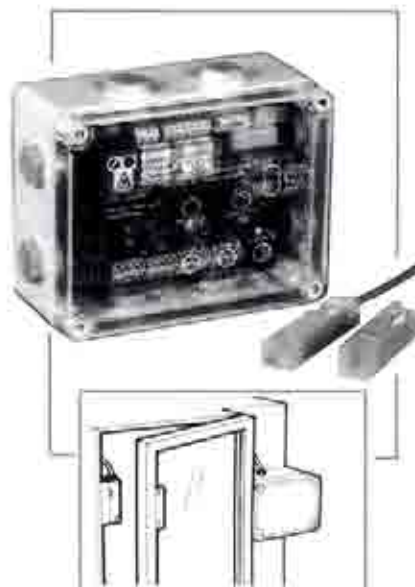
FIGURA 11



### 6.15. Sistemas de seguridad electrónicos de doble enclavamiento con control cruzado y autovigilado (Fig. 12)

Los sistemas de doble enclavamiento con control cruzado, men-

FIGURA 12



cionados en 4.2.3, actúan normalmente con sistemas «ferro-resonantes» de doble código, que es invulnerable a manipulaciones indebidas. Las cabezas sensoras en miniatura de bajo voltaje de seguridad deben resultar inmunes a las interferencias y tolerar desalineaciones. Su grado de protección debe ser muy elevado, IP 67.

## 7. HIGIENE

Los dispositivos de seguridad utilizados en ciertas industrias, especialmente en las farmacéuticas y de alimentación, deben proyectarse para que no solamente sean seguros, sino que también sean fácilmente lavables.

## 8. PROTECCION ANTIDEFLAGRANTE O ANTI-EXPLOSION

Cuando los dispositivos se instalan en áreas clasificadas, deberán estar homologados de acuerdo con los requerimientos establecidos por la normativa correspondiente. ■