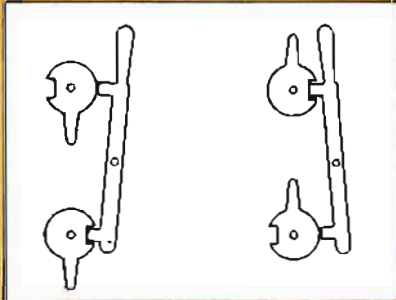


LOS enclavamientos son dispositivos de seguridad que, aplicados a dos o más partes móviles, impiden o permiten el movimiento de una de ellas cuando las otras quedan bloqueadas en una posición prefijada. Se puede aplicar una serie de enclavamientos a un equipo determinado, permitiendo solamente maniobras, según una secuencia fijada de antemano; con ellos se pretende la protección del personal y la salvaguardia de las instalaciones industriales, contra el peligro de accidentes, o de maniobras erróneas o realizadas a destiempo.

DON JOSE SANTILLANA ALONSO (*)

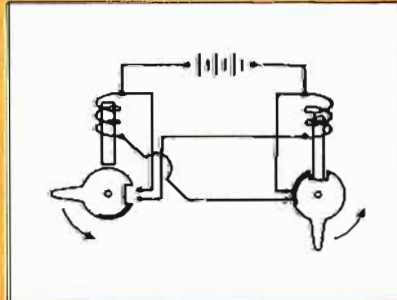
Enclavamientos de seguridad mediante cerraduras (Sistema de llave atrapada)

METODOS BASICOS DE ENCLAVAMIENTO



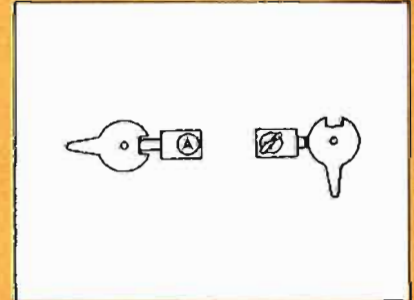
MECANICO

Una barra o eje directamente fijado a dos elementos (seccionadores, válvulas, etc.) es un simple y efectivo método de enclavamiento. Su aplicación lógicamente está muy limitada, ya que obliga a que las partes móviles de los aparatos o elementos a enclavar, estén próximos o adyacentes, es también prácticamente imposible su utilización para el bloqueo de dispositivos múltiples o para el control de operaciones secuenciales.



ELECTRICO

Consiste principalmente en la utilización de electroimanes o solenoides conectados entre sí que retiran sus vástagos a la llamada electromagnética y que pueden estar asistidos por relés, interruptores, microinterruptores, etc. Dependen, por tanto, de una alimentación eléctrica a una tensión determinada, circunstancia por la cual son inoperantes si esto llegase a faltar. Estos enclavamientos presentan la ventaja de poder mandar a distancia.



MEDIANTE CERRADURAS

Los enclavamientos a base de cerraduras que utilizan el sistema de llave atrapada poseen una considerable ventaja sobre las otras formas de enclavamiento, ya que pueden ser aplicadas a numerosos puntos o elementos separados, aunque la distancia que medie entre ellos sea considerable, también y muy importante es la autonomía de que goza el sistema, puesto que no es necesaria ninguna ligazón mecánica o eléctrica entre ellos. Por otro lado, este tipo de enclavamientos puede también utilizarse en combinación con dispositivos eléctricos, sirviendo al mismo tiempo de elementos de mando a distancia para operar disyuntores, válvulas motorizadas, etc.

APLICACIONES

Entre las múltiples aplicaciones de estos dispositivos de seguridad citaremos su utilización en:

- Cabinas de alta tensión y cuadro de distribución de alta y baja tensión.
- Subestaciones y centros de transformación.
- Inspección y protección de máquinas.
- Válvulas para procesos químicos.
- Recintos de ensayos y pruebas.
- Procesos de fabricación, según una determinada secuencia.
- Electrofiltros y precipitadores Electrostáticos, etc.

DESCRIPCIÓN DE LOS ENCLAVAMIENTOS DE SEGURIDAD DE CERRADURA (Sistema de llave atrapada)

Hace ya más de medio siglo desde que se diseñaron los primeros enclavamientos mecánicos de seguridad de llave. Desde entonces han seguido siendo los principales innovadores en este campo específico de la prevención industrial.

Originariamente los enclavamientos de llave atrapada fueron pensados y desarrollados para su utilización en equipos y aparellaje eléctrico de alta y baja tensión, pero en la actualidad su utilización se ha extendido a los más diversos dispositivos: mecánicos, hidráulicos, neumáticos, de transporte, etc., que forman parte de unidades autónomas, o de sistemas o instalaciones integradas. Aunque en el mercado existen enclavamientos de cerradura, basados en los mecanismos tradicionales más o menos sofisticados, en el presente artículo, nos vamos a referir dada la facilidad de comprensión, tanto en la exposición como en la utilización, única y exclusivamente a aquellos enclavamientos en los que el mecanismo utilizado para el funcionamiento de los mismos es el denominado «ALFA-NUMÉRICO DE CARACTERES GRABADOS».

—¿Qué son los enclavamientos de cerradura?

—Son elementos de bloqueo mecánico o mecánico-eléctrico, accio-

nados por cerraduras cuyas llaves permanecen alternativamente atrapadas o libres, según unas condiciones predeterminadas.

—¿Cómo funcionan los enclavamientos de cerradura?

—Su funcionamiento está basado en el mismo principio que las cerraduras convencionales diferenciándose de éstas principalmente en que la llave queda atrapada en una determinada posición (que normalmente coincide con el desbloqueo del elemento al que enclavan). Atendiendo a la función que desempeñan los enclavamientos de cerradura se clasifican en: elementos activos o primarios y elementos pasivos o secundarios; la diferencia que se establece entre ambos es que mientras los primeros (cerrojos para el bloqueo de válvulas y seccionadores..., cerraduras para el enclavamiento de accesos, interruptores mandados por llave, etc.) actúan directamente sobre los aparatos a enclavar; los segundos son unos meros intermediarios, que colaboran para la consecución de las secuencias necesarias (cajas de cambio de llaves, temporizadores, etc.).

—¿Cuándo se necesitan los enclavamientos de cerradura?

—Siempre que exista la posibilidad, por remota que ésta sea, de un fallo operativo que ponga o pueda poner en peligro la seguridad de la planta, del proceso y por encima de toda la seguridad personal.

La estadística nos demuestra año tras año que los carteles, instrucciones y las señalizaciones de acciones prohibitivas, siguen siendo insuficientes.

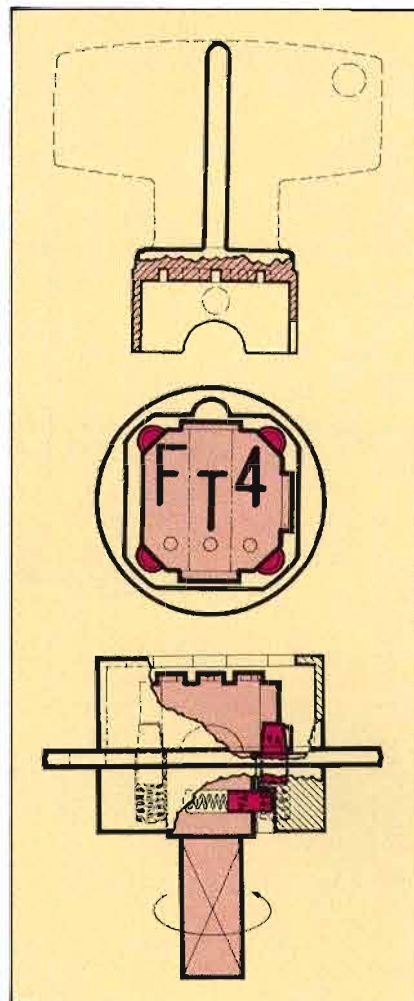
—¿Por qué deben instalarse los enclavamientos de cerraduras?

—Porque eliminan radicalmente las dos causas engendradoras de todo accidente: la imputable a la «condición peligrosa» de la máquina u otros elementos de la instalación y la debida al «acto peligroso» o fallo humano del operador (por falta de entrenamiento, negligencia, exceso de confianza profesional, etc.).

En segundo lugar, porque evitan (al impedir maniobras erróneas) la pérdida del producto y el deterioro de las instalaciones.

Como resumen, porque es el medio más efectivo, versátil y económico para eliminar riesgos, que se traducen a veces en elevadas pérdidas humanas y económicas.

ENCLAVAMIENTOS DE CERRADURA (Mecanismo Alfa-numérico de caracteres grabados)



El mecanismo de la cerradura, como su nombre indica, está basado en una cabeza moldeada de aleación ligera en la que aparece grabada en relieve una codificación (Alfa-numérica), compuesta por cualquier letra o número, o bien combinación de ambos hasta su máximo de tres, lo que permite un número prácticamente ilimitado de combinaciones posibles.

La misma codificación grabada en profundidad, lleva la llave.

El acoplamiento de ambos elementos, llave cerradura (macho-hembra) permite el acionamiento del mecanismo, puede comprenderse fácilmente que para llevar a cabo tal operación, tanto la llave como la cerradura deberán estar grabadas con el mismo código, puesto que de otra manera sería imposible dicha operación.

(*) Director Técnico Comercial de GOYAL INGENIEROS, S. A.

EJEMPLOS TÍPICOS DE ACCIDENTES DIARIOS Y QUE PODRIAN EVITARSE CON EL USO DE CERRADURAS DE ENCLAVAMIENTO

MAQUINAS ACCESIBLES. ACCESOS REMOVIBLES

El operador se accidenta porque quita la protección sin previamente haber parado la máquina.

La misma máquina equipada con enclavamientos de cerradura habría sido imposible de manipular, si previamente no se ha desconectado, evitándose así los accidentes fortuitos.

MAQUINAS CON RETARDO EN LA PARADA DEBIDO A LA INERCIA ADQUIRIDA

Hay máquinas que, aun después de desconectadas, continúan en movimiento debido a la inercia adquirida por sus partes móviles.

Debido a esta circunstancia, este tipo de máquinas resultan potencialmente más peligrosas ya que al haber sido desconectadas previamente, se accede a ellas con la confianza de que se encuentran totalmente en reposo.

Mediante enclavamientos de cerradura, dependientes de un detector inductivo de proximidad, se impide el acceso a las mismas o a sus órganos móviles hasta que éstos no se encuentren totalmente parados; puesto que es entonces cuando el detector envía la orden para la liberación de la llave o llaves que nos permitirán acceder a dichos órganos sin peligro de accidente.

CISTERNAS Y OTROS VEHICULOS DE TRANSPORTE

El conductor de un camión cisterna olvida desconectar la manguera, arranca el camión y comienza a circular.

Resultado: pérdida del producto, daños materiales, y, en el caso de tratarse de un líquido inflamable, posible explosión o incendio.

La utilización de cerraduras de llave atrapada habría impedido este accidente, puesto que el conductor ni siquiera habría podido arrancar el camión si la manguera estaba enchufada en la boca de descarga.

También con la utilización de enclavamientos de cerradura se obliga al conductor a conectar la toma de tierra, puesto que de no ser así no podrá efectuar la carga o la descarga.

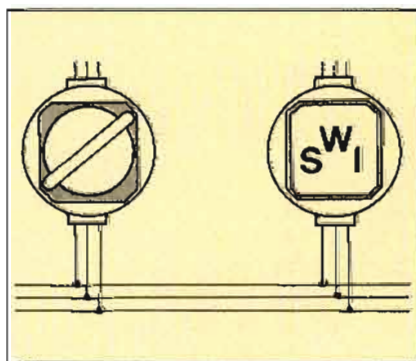
CELDA, PANELES, CENTROS DE CONTROL DE MOTORES Y ARMARIOS ELECTRICOS DE DISTRIBUCION

El operador sufre una descarga eléctrica a pesar del cartel de «peligro». Casos como este se suceden continuamente y nos demuestran la poca efectividad de los carteles anunciadores o las instrucciones verbales, o dicho de otra forma, no son suficientes para evitar los accidentes.

Las cerraduras de enclavamiento solucionan este tipo de problemas, impidiendo el acceso a las zonas con tensión y sólo lo permiten cuando ésta ha desaparecido, pudiendo efectuarse las operaciones normales o de mantenimiento en perfectas condiciones de seguridad, sin peligro de accidentes.

SUMINISTROS ELECTRICOS

(Protección contra falsas maniobras)



La alimentación de emergencia o reserva no deberá nunca de ser conectada en paralelo con la alimentación normal y viceversa; tal es el caso de: llegada de red y grupo electrógeno, alimentación por dos compañías de suministro eléctrico diferentes, para evitar el acoplamiento en paralelo de transformadores, etc. Con la adopción del sistema de enclavamientos mediante cerraduras se consigue la solución más sencilla aunque dichas llegadas se encuentren distanciadas.

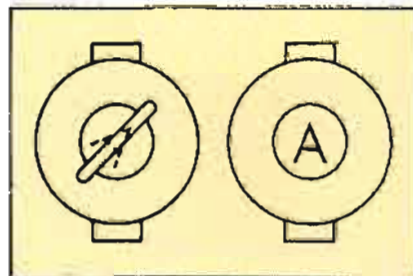
REFINERIAS, CENTRALES ELECTRICAS, PLANTAS QUIMICAS Y DE GAS



Abrir o cerrar válvulas, conectar o desconectar seccionadores y disyuntores, etc., según una secuencia incorrecta puede ser causa de graves daños a los operadores, a la planta y equipos, además de la pérdida de producto. Introducir enclavamiento de cerradura es obligar a seguir las secuencias correctas eliminando los posibles fallos humanos.

EJEMPLOS RESUELTOS CON ENCLAVAMIENTOS DE SEGURIDAD MEDIANTE CERRADURAS

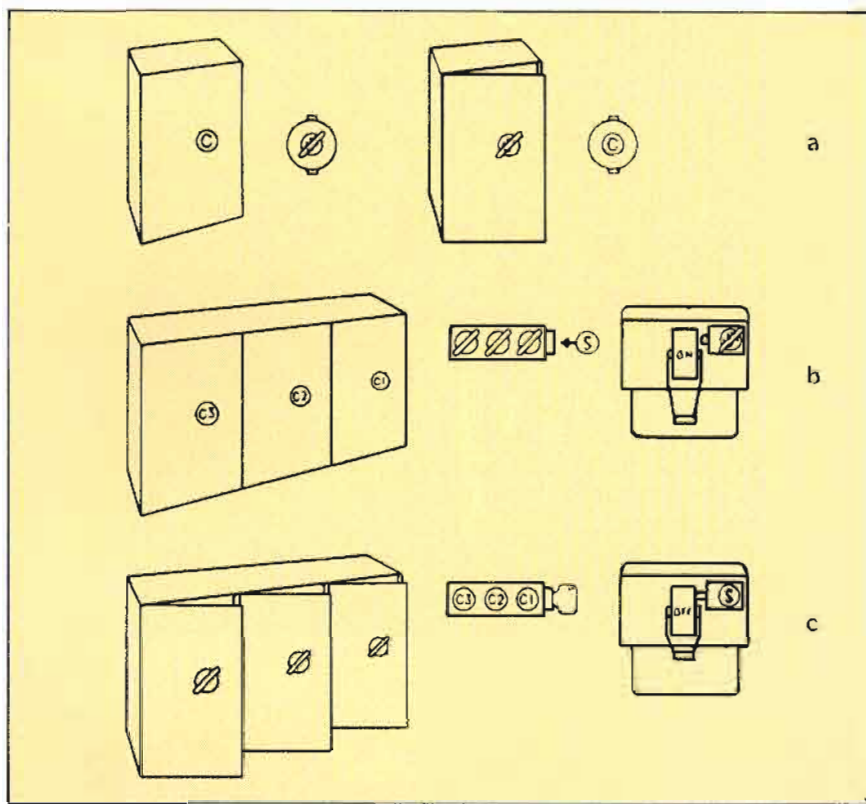
(Sistema de llave atrapada)



Suministro alternativo de energía eléctrica

Condición: Existen dos posibilidades u operaciones mutuamente excluyentes, es decir, cuando se permite una, la otra se impide. Ejemplos: Alimentación con dos transformadores que nunca deberán acoplarse en paralelo; alimentación red-grupo; alimentación doble, etc.

Solución: Dos enclavamientos accionados por una sola llave, la cual queda atrapada en la posición de interruptor o seccionador conectado y libre cuando el elemento de mando eléctrico está enclavado en la posición de abierto o desconectado, existiendo siempre la seguridad de que nunca ambas alimentaciones puedan conectarse simultáneamente.



Enclavamiento entre: el interruptor de acometida y las puertas de acceso a cabinas eléctricas (A.T. y B.T.)

Condición: Imposibilidad de acceder a cabinas, celdas, paneles, etcétera de una distribución eléctrica mientras el interruptor general de alimentación esté conectado. Recíprocamente, no podrá restaurarse el servicio eléctrico en tanto los accesos no estén cerrados.

Solución: Se han tomado dos ejemplos. El primero (figura a) se refiere a una única cabina con una sola puerta de acceso. El segundo (figuras b y c) se refiere a cubículos con varias puertas de acceso.

Ejemplo primero (figura a). Se utilizan dos enclavamientos adecuados, uno montado en el interruptor general, otro en la puerta de acceso al armario o cabina, y una sola llave del mismo código o símbolo que opera ambos enclavamientos.

Cuando el interruptor general de alimentación está conectado la llave queda atrapada en el enclavamiento del mismo, y solamente puede liberarse cuando el interruptor está enclavado en la posición de desconectado. Es únicamente entonces, cuando con dicha llave podemos operar el enclavamiento de la puerta de ac-

ceso, quedando atrapada en el mismo mientras la puerta está abierta, con la seguridad de que el servicio eléctrico no pueda ser restaurado.

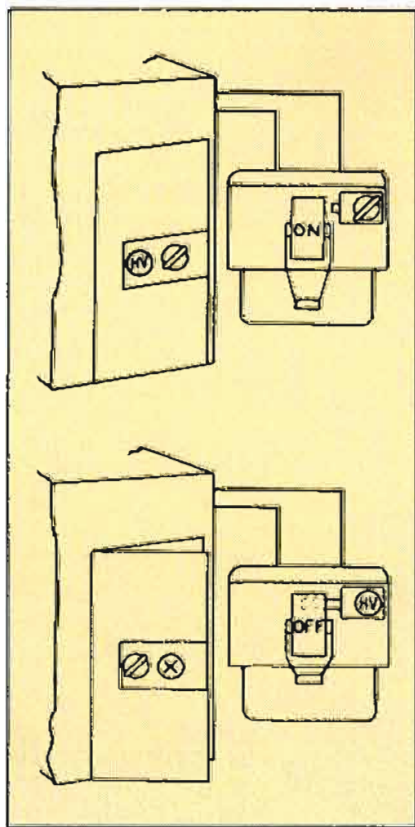
Ejemplo segundo (figura b). El interruptor general de alimentación está provisto de un enclavamiento (mecánico o eléctrico) cuya llave «S» está prisionera cuando el interruptor está conectado. Las puertas de acceso están enclavadas en la posición de cerradas con cerraduras de distinto símbolo «C1», «C2», «C3», cuyas llaves están atrapadas en una caja de cambio de llaves controlada por la cerradura del mismo código «S» que el enclavamiento fijado en el interruptor. Se suministran una sola llave de cada símbolo o código.

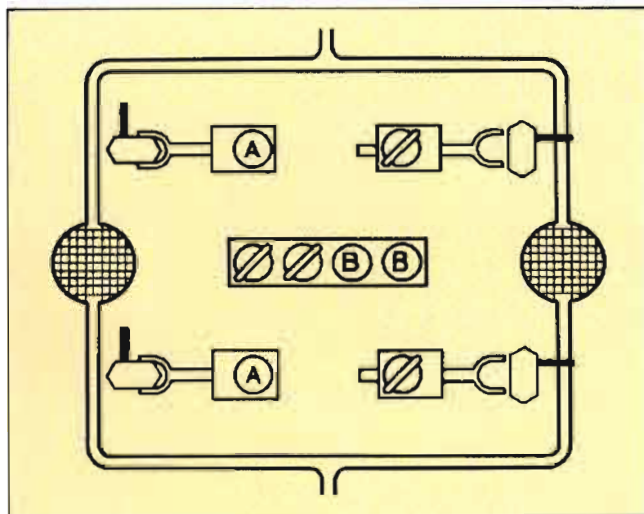
Figura c. Para liberar las llaves «C1», «C2», «C3» de la caja de cambio es necesario introducir en la cerradura de control «S» de la misma, la llave obtenida del enclavamiento del interruptor que ha quedado enclavado en la posición de abierto o desconectado. Entonces es posible abrir las puertas de acceso, estando entretanto atrapada la llave «S» en la caja de cambio. La condición para que esta llave sea recuperada y usada para restaurar el servicio es que todas las puertas estén cerradas y sus llaves insertadas en la caja de cambio de llaves.

Protección de acceso a recintos sometidos a tensión

Condición: El acceso a estos recintos solamente estará permitido cuando el interruptor general de entrada esté desconectado. Una vez ganado el acceso no habrá posibilidad, ni de que el interruptor general sea conectado por terceros, ni de que la puerta sea cerrada permaneciendo alguien dentro del recinto.

Solución: Se instala un enclavamiento de doble función en la puerta del recinto y otro sencillo en el interruptor general de alimentación (ver figura). Al recibir el interruptor general y enclavarle en la posición de desconectado, se libera la llave codificada «HV», se introduce ésta en la cerradura de la misma codificación del enclavamiento montado en la puerta, permitiendo al girarla, liberar una segunda llave codificada «X» que estaba prisionera, y, al mismo tiempo, abrir la puerta. La llave «HV» queda atrapada en su cerradura, y la llave «X» en poder del operador que, con absoluta seguridad, podrá entrar en el recinto sin que la puerta pueda ser cerrada ni la llave «HV» extraída por terceras personas.





Enclavamiento entre filtros alternativos de un proceso

Condición: Por exigencia de un proceso químico se ha dispuesto un sistema de filtros de tal manera que nunca las dos unidades puedan estar fuera de servicio al mismo tiempo. Delante y detrás de cada filtro están instaladas sendas válvulas o cierres que gobiernan el paso del fluido por el mismo.

Solución: En cada válvula o cierre se fija un enclavamiento, en el cual permanece la llave atrapada cuando la válvula o cierre impide el paso del fluido. Por el contrario, la llave puede ser liberada cuando la válvula está en posición de abierta. Se emplean dos juegos de cerraduras, uno por cada filtro con los símbolos «A» y «B» respectivamente. También se prevé una caja de cambio de llaves de cuatro cerraduras, en la cual siempre permanecen dos llaves retenidas del mismo símbolo (A o B), que son precisamente las correspondientes al filtro en servicio. Como quiera que para cerrar este filtro, es necesario introducir en la caja de cambio, las llaves prisioneras en los enclavamientos del filtro fuera de servicio, y que para que esto se produzca es necesario ponerlo en servicio, se cumple la condición fijada.

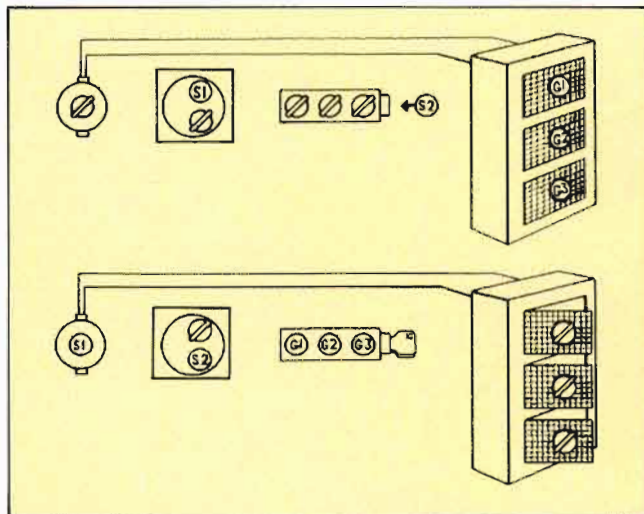
Enclavamiento entre las guardas de protección de una máquina y la alimentación eléctrica de la misma

Condición: Una máquina está equipada con tres protecciones que dan acceso a partes móviles, cuyo contacto estando la máquina en mo-

vimiento, resulta muy peligroso. Dichas guardas de protección no podrán ser abiertas hasta que la alimentación eléctrica de la máquina esté enclavada en la posición de desconectada, siendo imposible su reconexión en tanto dichos accesos estén abiertos.

Solución: (a) Máquina con parada diferida a la desconexión por efecto de la inercia de las partes móviles. Elementos de enclavamiento de llave necesarios (ver figura): Tres bloqueos mecánicos fijados uno en cada una de las guardas de protección; un elemento de enclavamiento (mecánico, eléctrico o mecánico-eléctrico) controla directamente o, como elemento auxiliar, la conexión —desconexión de la máquina; una caja de intercambio de llaves temporizada en el tiempo de parada de la máquina; una caja de intercambio de llaves múltiple de cuatro cerraduras, cuya condición de operatividad es: tres llaves prisioneras y la de control libre y, viceversa.

Al desconectar la alimentación eléctrica de la máquina se obtiene la llave codificada «S1» (quedando el interruptor enclavado en la posición de abierto). Al insertar la llave «S1», así obtenida, en la caja de intercambio temporizada obtenemos, después de transcurrido el tiempo prefijado, la llave codificada «S2» («S1» queda atrapada en dicha caja) que, una vez introducida en la cerradura de control de la caja de intercambio múltiple, nos permite liberar las llaves «G1», «G2» y «G3» (quedando «S2» atrapada en la cerradura de control). Con dichas llaves podemos abrir los accesos sin



ningún riesgo, ya que en tanto éstos están abiertos, sus llaves permanecen prisioneras en sus correspondientes cerraduras, pudiendo ser liberadas únicamente, cuando las protecciones vuelvan a quedar enclavadas en la posición de cerradas.

Para poner de nuevo en servicio la máquina es necesario actuar en forma inversa: cerramos y enclavamos las protecciones de acceso y obtenemos las llaves «G1», «G2» y «G3»; las insertamos en la caja de intercambio múltiple y obtenemos la llave «S2» allí atrapada. Con ella, introduciéndola en la caja de intercambio temporizada liberamos, instantáneamente, la llave «S1» que nos permita desenclavar y conectar el interruptor de alimentación sin ningún tiempo de espera.

Dicha llave queda atrapada en la posición de conexión o máquina en marcha. **Solución: (b). Máquinas de parada instantánea a la desconexión.** Sus elementos de enclavamiento de llave son los mismos, con la excepción de la caja de intercambio temporizada, que no es necesaria. La codificación de la cerradura de control de la caja de intercambio múltiple tiene que corresponderse, en este caso, con la del enclavamiento de la alimentación eléctrica de la máquina. También puede utilizarse esta solución para máquinas con un tiempo de parada por inercia no excesivamente largo. Basta para ello, desplazar la caja de cambio de llaves múltiples a una distancia apropiada de la máquina, en cuyo recorrido el operador invierta el tiempo estimado para la detención de los órganos móviles protegidos por las guardas. ■