

# 58

Directores del capítulo  
*Kenneth Gerecke y  
 Charles T. Pope*

### Sumario

Análisis de sistemas <i>Manh Trung Ho</i> . . . . .	58.2	Requisitos técnicos para sistemas relacionados con la seguridad basados en dispositivos eléctricos, electrónicos y programables <i>John Brazendale y Ron Bell</i> . . . . .	58.67
Seguridad de las herramientas portátiles y de mano <i>Departamento de Trabajo de EE.UU. - Occupational Safety and          Health Administration; dirigido por Kenneth Gerecke</i> . . . . .	58.5	Vuelco <i>Bengt Springfeldt</i> . . . . .	58.71
Partes móviles de máquinas <i>Tomas Backström y Marianne Döös</i> . . . . .	58.8	Caídas desde alturas <i>Jean Arteau</i> . . . . .	58.74
Defensas de máquinas <i>Departamento de Trabajo de la Occupational Safety and Health          Administration; dirigido por Kenneth Gerecke</i> . . . . .	58.12	Espacios confinados <i>Neil McManus</i> . . . . .	58.77
Detectores de presencia <i>Paul Schreiber</i> . . . . .	58.24	Principios de la prevención: manipulación de materiales y tráfico interno <i>Kari Häkkinen</i> . . . . .	58.82
Dispositivos para controlar, aislar y conmutar energía <i>René Troxler</i> . . . . .	58.29		
Aplicaciones relacionadas con la seguridad <i>Dietmar Reinert y Karlheinz Meffert</i> . . . . .	58.32		
Software y ordenadores: sistemas híbridos automatizados <i>Waldemar Karwowski y Jozef Zurada</i> . . . . .	58.37		
Principios del diseño de sistemas de control seguros <i>Georg Vondracek</i> . . . . .	58.43		
Principios de seguridad para máquinas herramienta CNC <i>Toni Retsch, Guido Schmitter y Albert Marty</i> . . . . .	58.51		
Principios de seguridad para robots industriales <i>Toni Retsch, Guido Schmitter y Albert Marty</i> . . . . .	58.59		
Sistemas de control de seguridad eléctricos, electrónicos y programables <i>Ron Bell</i> . . . . .	58.62		

para conseguir un lugar de trabajo seguro con y sin protección respiratoria homologada. La evaluación y control de otras condiciones se basa en el juicio de la persona cualificada.

La última parte del proceso es la más crítica. La persona cualificada tiene que decidir si los riesgos asociados con el acceso y el trabajo son aceptables. El control es la mejor manera de garantizar la seguridad. Esta decisión no es difícil de tomar cuando se pueden controlar las condiciones peligrosas o potencialmente peligrosas. Cuanto menor sea el nivel de control percibido, mayor será la posibilidad de contingencias. En algunos casos, la única alternativa posible es prohibir el acceso.

### Control del acceso

Los métodos tradicionales de controlar las actividades en espacios confinados son la autorización de acceso y la presencia de una persona cualificada. En ambos casos, se necesita un reparto claro de autoridad y responsabilidad entre la persona cualificada y los trabajadores con autorización para acceder al espacio confinado, el personal de reserva, los responsables de la respuesta de emergencia y los directivos presentes.

La función de un documento de acceso es informar y documentar. El impreso que se muestra en la Tabla 58.14 puede servir para realizar la valoración de riesgos y documentar los resultados. Cuando se modifica para incluir sólo información relativa a una circunstancia concreta, sirve como autorización o certificado de acceso. La autorización de acceso tiene la máxima eficacia cuando incluye un resumen de las actividades realizadas e indica la necesidad de otras medidas de precaución. La autorización de acceso sólo debe ser emitida por una persona cualificada que tenga autoridad para cancelarla si cambian las condiciones. Esta persona debe ser además independiente de la jerarquía supervisora, de manera que no se vea sometida a presiones potenciales para acelerar el trabajo. La autorización especifica los procedimientos que deben seguirse y las condiciones en las que puede realizarse el acceso y el trabajo, registrando asimismo los resultados de las pruebas y otra información. La autorización debidamente firmada debe colocarse en la puerta o entrada al espacio o según lo especificado por la empresa o el organismo de control. Allí permanecerá hasta que se cancele, se sustituya por otra o se termine el trabajo. Este documento de autorización se convierte en un registro al terminar el trabajo y se tiene que conservarse en los archivos de la empresa el tiempo exigido por el organismo de control.

Este sistema de autorizaciones funciona mejor cuando se conocen condiciones peligrosas por la experiencia previa, habiéndose probado medidas de control que han resultado eficaces. El sistema de autorizaciones permite un reparto más eficaz de los recursos de expertos, pero tiene limitaciones cuando existen peligros no identificados previamente. Si la persona cualificada no está fácilmente disponible, estos peligros pueden permanecer desatendidos.

El certificado de acceso es un mecanismo alternativo al control del acceso. Exige la presencia de una persona cualificada con experiencia práctica en la identificación, evaluación y control de peligros. Una ventaja añadida es la capacidad de responder rápidamente a peligros imprevistos. Algunas jurisdicciones exigen que la persona cualificada realice personalmente una inspección visual del espacio antes de comenzar el trabajo. Una vez examinado el espacio y adoptadas las medidas de control oportunas, la persona cualificada emite un certificado que describe el estado y las condiciones del espacio bajo las cuales puede proceder el trabajo (NFPA 1993). Este planteamiento es ideal para instalaciones que tienen numerosos espacios confinados o en donde las condiciones o la configuración de los espacios pueden sufrir rápidos cambios.

## PRINCIPIOS DE LA PREVENCIÓN: MANIPULACION DE MATERIALES Y TRAFICO INTERNO

*Kari Häkkinen*

La manipulación de materiales y el tráfico interno son factores que contribuyen a una buena parte de los accidentes que se producen en muchos sectores de la industria. Dependiendo del tipo de industria, la proporción de accidentes de trabajo atribuidos a la manipulación de materiales varía entre el 20 % y el 50 %. El control de los riesgos de manipulación de materiales es el principal problema en muelles, obras de construcción, almacenes, serrerías, astilleros y otras industrias pesadas. En muchas industrias de proceso como la química, papelera y siderúrgica, los accidentes se producen principalmente durante la manipulación de los productos finales, ya sea manualmente o mediante grúas y carretillas elevadoras.

Este elevado riesgo de accidentes durante las actividades de manipulación de materiales se debe al menos a tres características básicas:

- Durante la manipulación y el transporte de materiales se liberan cantidades importantes de energía cinética y potencial que pueden causar lesiones y daños.
- El número de trabajadores que realizan actividades de manipulación y transporte y que, por tanto, están expuestos a los riesgos que conllevan estas actividades, sigue siendo relativamente elevado.
- Siempre que tengan que realizarse simultáneamente distintas operaciones dinámicas y éstas exijan la cooperación en varios entornos, existirá una necesidad especialmente urgente de información y comunicación clara y puntual. La alta probabilidad de errores y omisiones humanos puede crear situaciones peligrosas.

### Accidentes durante la manipulación de materiales

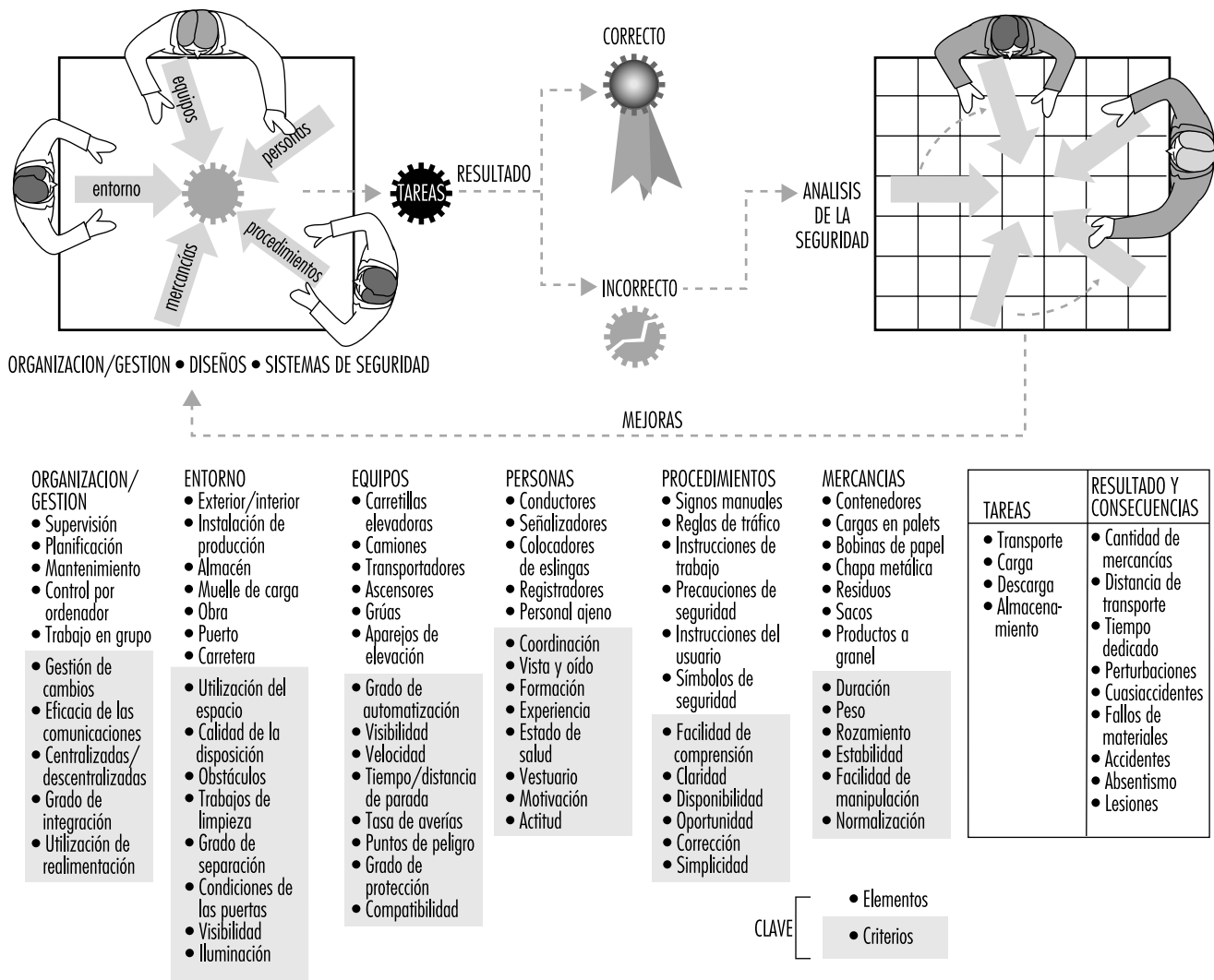
Cada vez que los trabajadores o las máquinas transportan cargas, existen un riesgo de accidente. La magnitud del riesgo viene determinada por las características tecnológicas y organizativas, el entorno y las medidas de prevención de accidentes adoptadas. A efectos de seguridad es útil representar la manipulación de materiales como un sistema con varios elementos interrelacionados (Figura 58.103). Cuando se introducen cambios en cualquier elemento del sistema, ya sean equipos, mercancías, procedimientos, entorno, personas, dirección u organización, es también probable que cambien los riesgos de lesiones.

Los tipos más corrientes de manipulación de materiales y tráfico interno que intervienen en accidentes están asociados con la manipulación, el transporte o la carga manual (carretillas, bicicletas, etc.) o el uso de camiones, carretillas elevadoras, grúas y aparejos, cintas transportadoras y sistemas de transporte por carriles.

En los lugares de trabajo se producen con frecuencia distintos tipos de accidentes asociados a la manipulación y transporte de materiales. La lista siguiente recoge los más frecuentes:

- esfuerzo físico durante la manipulación manual;
- cargas que caen sobre personas;
- personas atrapadas entre objetos;
- choques entre equipos;
- caídas de personas,
- golpes y cortes que reciben las personas de los equipos o cargas.

Figura 58.103 • Un sistema de manipulación de materiales.



**Elementos de los sistemas de manipulación de materiales**

Para cada elemento de un sistema de manipulación de materiales existen distintas opciones de diseño que influyen en el riesgo de accidentes. A estos elementos se les pueden aplicar distintos criterios de seguridad. Es importante considerar todas las etapas del ciclo de vida del sistema: diseño, funcionamiento normal y seguimiento de accidentes y problemas ocurridos en el pasado para introducir mejoras en el sistema.

**Principios generales de la prevención**

Algunos principios prácticos de prevención se consideran generalmente aplicables a la seguridad en la manipulación de materiales. Estos principios se pueden aplicar a sistemas manuales y mecánicos de manipulación de materiales en un sentido general y siempre que se estudia una fábrica, almacén u obra. Para conseguir resultados óptimos en materia de seguridad, se pueden aplicar muchos principios distintos al mismo proyecto. Normalmente, ninguna medida puede por sí sola prevenir todos los

accidentes. Por otra parte, no todos estos principios son necesarios y algunos pueden no ser adecuados para una situación concreta. Los profesionales de la seguridad y los técnicos de manipulación de materiales deben considerar los aspectos más importantes para orientar correctamente su trabajo en cada caso concreto. El problema más importante radica en la aplicación óptima de los principios para crear sistemas seguros y viables de manipulación de materiales, en lugar de apoyarse en un sólo principio técnico e ignorar los demás.

Durante el desarrollo y la evaluación de la seguridad de los sistemas pasados, presentes o futuros de manipulación de materiales, se pueden aplicar los 22 principios que se indican a continuación. Todos ellos pueden aplicarse a medidas de seguridad proactivas o reactivas. La lista no implica ningún orden de prioridad, aunque puede hacerse una distinción general: los principios que se citan primero son especialmente válidos para el diseño inicial de nuevas instalaciones y sistemas de manipulación de materiales, mientras que los últimos están más orientados al funcionamiento de sistemas de manipulación de materiales ya existentes.

## Veintidós principios para la prevención de accidentes durante la manipulación de materiales

1. *Eliminar todas las operaciones innecesarias de transporte y manipulación.* Debido a que muchos procesos de transporte y manipulación son intrínsecamente peligrosos, siempre tiene que considerarse la posibilidad de eliminar algunas operaciones de manipulación de materiales. Muchos procesos modernos de fabricación se pueden organizar como un flujo continuo sin fases separadas de transporte y manipulación. Muchas operaciones de montaje y construcción se pueden planificar y diseñar para eliminar transportes de cargas complejos y fatigosos. También se pueden encontrar soluciones para un transporte más eficaz y racional analizando la logística y el flujo de materiales durante los procesos de fabricación y transporte.
2. *Eliminar personas en el espacio dedicado a transporte y manipulación.* Cuando los trabajadores se alejan físicamente de las cargas que deben moverse, las condiciones de seguridad mejoran *ipso facto* al reducirse la exposición a peligros. En las acerías no se permite que trabajen personas en la zona de manipulación de chatarra porque pueden caer materiales de los prensos magnéticos que se utilizan para mover la chatarra, presentando un riesgo continuo de caída de cargas. En muchos casos, la manipulación de materiales en entornos peligrosos se puede automatizar con el uso de robots y carretillas automáticas para reducir el riesgo de accidentes al que están expuestos los trabajadores por el movimiento de cargas. Además, la prohibición de pasar innecesariamente por los lugares de carga y descarga elimina básicamente la exposición a varios tipos de peligros asociados a la manipulación de materiales.
3. *Separar al máximo entre sí las operaciones de transporte para minimizar los choques.* Cuanto mayor sea la frecuencia de cruce entre vehículos o entre vehículos y otros equipos o personas, mayor será la probabilidad de que se produzcan choques. La separación de las operaciones de transporte es importante cuando se planifica un transporte seguro dentro de la fábrica. Se pueden considerarse distintos tipos de separaciones, como las de peatones/vehículos, tráfico ligero/pesado, tráfico interno/externo hacia o desde el exterior, transporte entre lugares de trabajo/manipulación de materiales dentro de un lugar de trabajo, transporte/almacenamiento, transporte/línea de producción, recepción/expedición y transporte de materiales peligrosos/normales.  
Cuando la separación es imposible, se pueden asignar horas específicas para el acceso de medios de transporte y peatones a las zonas de trabajo (por ejemplo, en un almacén abierto al público). Si no pueden disponerse de vías distintas para los peatones, sus rutas deben indicarse con marcas y carteles. Para entrar en el edificio de una fábrica, los empleados deben disponer de puertas separadas para peatones. Si el tráfico peatonal y el tráfico de carretillas elevadoras se mezcla en las entradas, existe la tendencia a que la mezcla continúe más allá de la entrada, originando un peligro. Cuando se realizan obras en una fábrica, es necesario casi siempre restringir el transporte y el tráfico de personas en la zona de construcción o reparación. En cuanto al transporte con grúas elevadas, los choques pueden evitarse haciendo que las trayectorias de las grúas no se solapen e instalando interruptores de fin de carrera y barreras mecánicas.
4. *Proporcionar suficiente espacio para las operaciones de transporte y manipulación.* Una causa frecuente de accidentes es la existencia de un espacio insuficiente para la manipulación de materiales. Por ejemplo, las manos de los trabajadores pueden quedar pilladas entre la carga y una pared cuando los materiales se manipulan manualmente o las personas pueden quedar atrapadas entre el montante móvil de una grúa de transporte y una pila de materiales si la distancia mínima de seguridad de 0,5 m no se ha respetado. El espacio necesario para las operaciones de transporte y manipulación debe considerarse cuidadosamente cuando se diseña la instalación o se planifican modificaciones. Es aconsejable reservar un "margen de seguridad" para poder realizar cambios futuros en las dimensiones de las cargas y los tipos de equipos. Con frecuencia, el volumen de los productos fabricados tiende a aumentar con el tiempo, pero el espacio para su manipulación se hace cada vez más pequeño. Aunque la exigencia de un uso rentable del espacio sea una razón para minimizar el espacio destinado a la producción, se debe tener en cuenta que el espacio de maniobra necesario para el giro y el retroceso de las carretillas elevadoras con contrapesos es mayor de lo que parece a primera vista.
5. *Diseñar procesos de transporte continuos evitando puntos de discontinuidad en la manipulación de materiales.* El flujo continuo de los materiales reduce la probabilidad de accidentes. El diseño de una instalación tiene una importancia crucial para la aplicación de este principio de seguridad. Los accidentes se concentran en los puntos donde se interrumpe el flujo de materiales porque se cambian los equipos de transporte y manipulación o por razones de producción. Con frecuencia se requiere intervención humana para descargar y cargar, fijar, embalar, levantar y arrastrar, etc. Dependiendo de los materiales manipulados, las cintas transportadoras permiten en general un flujo más continuo de materiales que las carretillas elevadoras o las grúas. Conviene que las actividades de transporte se organicen de tal manera que los vehículos se muevan por la fábrica describiendo un círculo de una sola dirección, sin movimientos en zigzag ni retrocesos. Debido a que los puntos de discontinuidad tienden a producirse en las zonas que separan distintos departamentos o lugares de trabajo, la producción y el transporte deben planificarse de tal modo que se eviten esas "tierras de nadie" con movimiento incontrolado de materiales.
6. *Utilizar elementos estándar en los sistemas de manipulación de materiales.* A efectos de seguridad, en general es mejor utilizar elementos estándar de cargas, equipos y herramientas para la manipulación de materiales. El concepto de carga unitaria es bien conocido para los profesionales del transporte. Los materiales colocados en contenedores o pallets son más fáciles de fijar y mover cuando los demás elementos de la cadena de transporte (por ejemplo, estanterías de almacenamiento, carretillas elevadoras, vehículos motorizados y dispositivos de fijación grúas) están diseñados para estas cargas unitarias. El uso de tipos estándar de carretillas elevadoras con controles similares reduce la probabilidad de errores de los conductores, habiéndose producido accidentes cuando un conductor ha cambiado de un tipo de equipo a otro con distintos controles.
7. *Conocer los materiales que deben manipularse.* El conocimiento de las características de los materiales que deben transportarse es un requisito previo para la seguridad del transporte. La selección de las sujeciones adecuadas de la carga o los mecanismos de elevación tiene que realizarse teniendo en cuenta el peso, el centro de gravedad y las dimensiones de la mercancía que tiene que sujetarse para su elevación y transporte. Cuando se manipulan materiales peligrosos, se necesita información sobre reactividad, inflamabilidad y peligros para la salud. Existen peligros especiales en el caso de elementos frágiles, afilados, polvorientos, resbaladizos, sueltos o cuando se manipulan materiales explosivos y animales vivos, por ejemplo. En

los envases suele proporcionarse información importante para los trabajadores sobre los métodos correctos de manipulación, pero a veces se quitan las etiquetas o una envuelta protectora oculta información importante. Por ejemplo, en ocasiones el contenido de un paquete no es visible y no se puede estimar correctamente en centro de gravedad de la carga.

8. *Mantener la carga por debajo de la capacidad de carga de trabajo segura.* Las sobrecargas son una causa corriente de lesiones asociadas a los sistemas de manipulación de materiales. La pérdida de equilibrio y la rotura de materiales son resultados típicos de la sobrecarga de los equipos de manipulación. La carga de trabajo segura de eslingas y otros aparejos de elevación debe estar correctamente marcada y se deben seleccionar configuraciones apropiadas de eslingas. La sobrecarga puede producirse cuando se juzga erróneamente el peso o el centro de gravedad de la carga, con el resultado de una fijación y manipulación incorrectas. Cuando se utilizan eslingas para manipular cargas, el operador del equipo debe saber que una trayectoria inclinada puede generar fuerzas suficientes para que la carga se caiga o el equipo pierda el equilibrio. La capacidad de carga de las carretillas elevadoras tiene que estar marcada en el equipo y varía dependiendo de la altura de elevación y el tamaño de la carga. Se puede producir una sobrecarga por fatiga al manipularse repetitivamente cargas muy inferiores a la máxima si el componente no ha sido diseñado correctamente contra este tipo de fallo.
9. *Establecer límites de velocidad suficientemente bajos para garantizar en todo momento un movimiento seguro.* Los límites de velocidad de los vehículos en los lugares de trabajo varían entre 10 km/h y 40 km/h. En corredores, puertas, cruces y pasillos estrechos se requieren velocidades menores. Un conductor competente puede adaptar la velocidad del vehículo según requiera cada situación, pero es aconsejable colocar carteles indicadores de la velocidad máxima en los lugares críticos. Por ejemplo, la velocidad máxima de una grúa móvil con mando a distancia se tiene que determinar primero fijando una velocidad del vehículo comparable a una velocidad de marcha razonable para una persona y dejando después un margen suficiente para considerar el tiempo necesario de observación y control simultáneos de las cargas, de manera que no se supere el tiempo de respuesta del operador humano.
10. *Evitar la elevación de cargas por encima de los trabajadores.* La elevación de materiales por encima de la altura de la cabeza siempre conlleva el riesgo de que la carga se caiga. Aunque normalmente no se permite que nadie trabaje debajo de cargas suspendidas, el transporte rutinario de cargas por encima del personal de producción puede exponerle a peligros. La colocación de materiales en estanterías a gran altura con carretillas elevadoras y la elevación a pisos superiores son otros ejemplos de tareas de elevación por encima de las cabezas. Las cintas transportadoras elevadas de piedras, coque o piezas de fundición conllevan un riesgo de caída de materiales para las personas que pasan por debajo de ellas si no hay instaladas las defensas apropiadas. Cuando se considera un nuevo sistema de transporte elevado, los riesgos potencialmente mayores deben compararse con los riesgos menores asociados a un sistema de transporte al nivel del suelo.
11. *Evitar métodos de manipulación de materiales que exijan subir a y trabajar en superficies elevadas.* Cuando un trabajador se ve obligado a trepar, por ejemplo para soltar ganchos de eslingas, para ajustar el toldillo de un vehículo o para marcar cargas, corre el riesgo de caerse. Este peligro puede evitarse con una mejor planificación, modificando la secuencia de trabajos, utilizando diversos accesorios de elevación y herramientas de mando a distancia o mediante mecanización y automatización.
12. *Colocar defensas en los puntos de peligro.* Deben instalarse defensas en los puntos de peligro de los equipos de manipulación de materiales, como las cadenas de las carretillas elevadoras, los accionamientos por cables de las grúas y los puntos de atenuado de las cintas transportadoras. La protección consistente en situar los puntos de peligro fuera del alcance de las personas no es normalmente suficiente porque se puede acceder a ellos con escaleras y otros medios. También se deben utilizar defensas para protección contra fallos técnicos que puedan provocar lesiones (por ejemplo, retenes de cables en poleas de grúas, pestillos de seguridad en ganchos de elevación y almohadillas de protección de las lanzaderas textiles que protegen contra bordes afilados). Las barandillas y rodapiés instalados en los bordes de las plataformas de carga, las estanterías de almacenamiento elevado y los agujeros en el suelo pueden proteger contra la caída de personas y cosas. Este tipo de protección suele ser necesaria cuando se utilizan carretillas elevadoras y grúas para elevar cargas de un piso a otro. Se puede proteger a las personas contra la caída de objetos en operaciones de manipulación de materiales con redes de seguridad y defensas permanentes, como las cubiertas de chapa o malla de alambre en las cintas transportadoras.
13. *Transportar y elevar personas utilizando sólo equipos diseñados para ese fin.* Las grúas, las carretillas elevadoras, las excavadoras y las cintas transportadoras son máquinas que se utilizan para el movimiento de materiales, no de personas. Existen plataformas especiales para elevar personas; por ejemplo, para cambiar lámparas de techo. Si se equipa una carretilla o grúa con una jaula especial que pueda fijarse con seguridad al equipo y que cumpla los requisitos de seguridad adecuados, se puede elevar a personas sin un riesgo excesivo de lesiones graves.
14. *Mantener la estabilidad de equipos y cargas.* Algunos accidentes se producen como consecuencia de la pérdida de estabilidad de equipos, mercancías o estanterías de almacenamiento, especialmente en el caso de carretillas elevadoras o grúas móviles. La selección de equipos activamente estables es una primera medida para reducir el peligro. Además, es aconsejable utilizar equipos que emitan una señal de advertencia clara antes de alcanzar el límite de deformación. Otras medidas son la aplicación de unos métodos de trabajo correctos y la utilización de operarios cualificados. Los operarios con experiencia y formación saben estimar el centro de gravedad y reconocer condiciones de inestabilidad cuando se amontonan o apilan materiales, pudiendo hacer los ajustes necesarios.
15. *Proporcionar una buena visibilidad.* La visibilidad siempre está limitada cuando se manipulan materiales con carretillas elevadoras. Al comprar nuevos equipos es importante evaluar la visibilidad del conductor a través de las estructuras de los mástiles (y para carretillas de gran altura de elevación, la visibilidad a través del chasis elevado). En cualquier caso, los materiales originan pérdida de visibilidad y este efecto tiene siempre que considerarse. El campo de visión debe ampliarse al máximo, por ejemplo, quitando pilas de mercancías o disponiendo aberturas o secciones vacías en puntos críticos de las estanterías. Se pueden colocar espejos en los equipos y en puntos adecuados de la fábrica o el almacén para hacer las esquinas ciegas más seguras, pero los espejos son una medida preventiva menos importante que la eliminación de esquinas ciegas para permitir la visión directa. En el transporte por grúa es con frecuencia asignar a una persona encargada especialmente de comprobar que la zona donde se baje la carga no esté ocupada por personas. Una buena medida de

seguridad consiste en pintar o marcar de alguna otra manera los puntos de peligro y las obstrucciones en la zona de trabajo, por ejemplo, columnas, bordes de puertas y muelles de carga, elementos salientes de las máquinas y partes móviles de los equipos. Una iluminación adecuada puede mejorar considerablemente la visibilidad, por ejemplo, en escaleras, pasillos y puertas de salida.

16. *Sustituir la manipulación y el transporte manuales por manipulación mecánica y automatizada.* Aproximadamente el 15 % de todas las lesiones profesionales están relacionadas con la elevación y el transporte de cargas manualmente. La mayoría de las lesiones son provocadas por esfuerzos excesivos y el resto, por resbalones, caídas y lesiones en las manos por bordes afilados. Los trastornos traumáticos acumulativos y los problemas de espalda son problemas de salud típicos asociados a la manipulación manual de materiales. Aunque la mecanización y la automatización han eliminado en gran medida las tareas manuales de manipulación, existen todavía lugares de trabajo en donde la elevación y el transporte de cargas pesadas someten a los trabajadores a esfuerzos físicos excesivos. Se debe considerar el uso de unos equipos de manipulación adecuados, por ejemplo, grúas, polipastos, plataformas elevadoras, ascensores, carretillas elevadoras, cintas transportadoras, palletizadores, robots y manipuladores mecánicos.
17. *Proporcionar y mantener una comunicación eficaz.* Un factor frecuente en los accidentes graves es un fallo en las comunicaciones. El conductor de una grúa tiene que comunicarse con el encargado de colocar las eslingas que fijan la carga y si las señales manuales entre ellos son incorrectas o la comunicación por radio es deficiente, se pueden producir errores graves. Los enlaces de comunicación son importantes entre los operadores de manipulación de materiales, el personal de producción, los cargadores, los trabajadores de los muelles, los conductores de equipos y el personal de mantenimiento. Por ejemplo, el conductor de una carretilla elevadora tiene que transmitir información sobre cualquier problema de seguridad encontrado, como pasillos con esquinas ciegas por la presencia de materiales apilados, al entregar la carretilla a su relevo en el cambio de turno. Cuando se subcontrata a los conductores de vehículos motorizados y grúas móviles, es probable que no estén familiarizados con los riesgos concretos que pueden encontrar en un lugar de trabajo y, por tanto, deben recibir formación u orientación especiales, entregándoles en su caso un plano de la fábrica en la puerta de entrada junto con las instrucciones esenciales para trabajar y conducir con seguridad. Las señales de tráfico para los lugares de trabajo no se conocen tan bien como las de las carreteras públicas. Con todo, muchos de los riesgos son comunes. Por consiguiente, es importante utilizar señales adecuadas para el tráfico interno para facilitar la comunicación de los avisos de peligro y advertir a los conductores de las precauciones necesarias.
18. *Aplicar los principios de la ergonomía a las interfaces humanas y los sistemas de manipulación manual.* El trabajo de manipulación de materiales se debe adaptar a la capacidad y destreza de los trabajadores, aplicando principios ergonómicos para evitar errores y esfuerzos innecesarios. Los controles y las pantallas de grúas y carretillas elevadoras deben ser compatibles con las expectativas y hábitos normales de las personas. Es importante asegurarse de que exista espacio suficiente para que los trabajadores puedan realizar los movimientos que requiere la manipulación manual de materiales. Además, deben evitarse posturas excesivamente forzadas como, por ejemplo, la elevación manual de cargas por encima de la cabeza, y no superar los pesos máximos admisibles para la elevación manual. Las variaciones individuales en edad, fuerza, salud, experiencia y características físicas pueden requerir la modificación de las tareas y del espacio de trabajo. La recogida de pedidos en un almacén es un ejemplo típico de una tarea en la que la ergonomía tiene la máxima importancia para la seguridad y productividad.
19. *Proporcionar formación y asesoramiento adecuados.* Los trabajos de manipulación de materiales suelen considerarse de baja categoría como para justificar la formación de los trabajadores. El número de conductores especializados de grúas y carretillas elevadoras está disminuyendo en los lugares de trabajo y se observa una tendencia cada vez mayor a considerar el trabajo con grúas y carretillas elevadoras como una tarea que casi todos los trabajadores pueden hacer. Aunque las medidas técnicas y ergonómicas pueden reducir los peligros, la destreza del trabajador es el factor decisivo para evitar situaciones peligrosas en lugares de trabajo dinámicos. Las encuestas sobre accidentes indican que muchas de las víctimas de accidentes relacionados con la manipulación de materiales son personas que no intervienen por sí mismas en estas tareas. Por tanto, también los trabajadores que se encuentran en las zonas de manipulación de materiales deben recibir cierta formación.
20. *Proporcionar al personal de transporte y manipulación de materiales los equipos personales apropiados.* Algunos tipos de lesiones pueden prevenirse con el uso de equipos adecuados de protección individual durante las tareas de manipulación de materiales, como calzado de seguridad que evite resbalones y caídas, guantes gruesos, gafas de seguridad y cascos. Si existen peligros especiales que lo exijan, deberán utilizarse protecciones contra caídas, respiradores y ropas de seguridad especiales. Un equipo de trabajo adecuado para la manipulación de materiales debe permitir una buena visibilidad y no incluir elementos que puedan quedar fácilmente pillados por equipos o enganchados por elementos móviles.
21. *Realizar labores adecuadas de inspección y mantenimiento.* Cuando ocurren accidentes por fallos de equipos, los motivos se deben con frecuencia a unos procedimientos deficientes de inspección y mantenimiento. Las instrucciones referentes a las tareas de inspección y mantenimiento se incluyen en las normas de seguridad y los manuales de los fabricantes. El incumplimiento de los procedimientos indicados puede originar situaciones peligrosas. Los usuarios de los equipos de manipulación de materiales son responsables de las rutinas diarias de inspección y mantenimiento, como comprobación de baterías, accionamientos por cadenas y cables, aparejos de elevación, frenos y controles, limpieza de ventanas y adición de aceite cuando sea necesario. Las inspecciones más minuciosas y menos frecuentes se realizan periódicamente a intervalos semanales, mensuales, semestrales o anuales, dependiendo de las condiciones de uso. La limpieza normal de los suelos y la zona de trabajo es también importante para la seguridad durante la manipulación de materiales. Los suelos húmedos y aceitosos pueden hacer que las personas y las carretillas patinen. Las estanterías y los pallets rotos deben desecharse tan pronto como se detecten. En las operaciones de transporte de materiales a granel mediante cintas transportadoras, es importante eliminar las acumulaciones de polvo y granos para evitar el riesgo de explosión e incendio.
22. *Planificar los cambios en las condiciones ambientales.* La capacidad de adaptación de las personas y los equipos a condiciones ambientales cambiantes es limitada. Los conductores de las carretillas elevadoras necesitan unos segundos para adaptarse al pasar de una nave oscura a un patio iluminado por el sol y viceversa. Para hacer estas operaciones más seguras, se pueden instalar en las puertas sistemas especiales de

alumbrado. En el exterior, las grúas pueden verse sometidas a grandes cargas debidas al viento, que es necesario tener en cuenta en las operaciones de elevación. En casos extremos, la elevación con grúas se debe suspender por completo. El hielo y la nieve pueden imponer un esfuerzo adicional considerable a los trabajadores encargados de limpiar las superficies de las cargas. En ocasiones, estos factores climáticos suponen también un riesgo adicional cuando, por ejemplo, se trabaja

por encima o por debajo de la carga durante la elevación. La planificación debe incluir también procedimientos seguros para realizar estas tareas. Una carga helada puede deslizarse de la horquilla durante el transporte con una carretilla elevadora. La atmósferas corrosivas, el calor, la escarcha y el agua del mar pueden deteriorar los materiales y originar fallos si los materiales no se han diseñado para resistir esas condiciones.

## Referencias

- Arteau, J, A Lan, J-F Corveil. 1994. *Use of Horizontal Lifelines in Structural Steel Erection*. Actas del simposio internacional sobre la protección contra caídas celebrado en San Diego, California (27-28 de octubre de 1994). Toronto: Sociedad Internacional para la Protección contra las Caídas.
- Backström, T, L Harms-Ringdahl. 1984. A statistical study of control systems and accidents at work. *J Occup Acc* 6:201-210.
- Backström, T, M Döös. 1994. Technical defects behind accidents in automated production. En *Advances in Agile Manufacturing*, dirigido por PT Kidd y W Karwowski. Amsterdam: IOS Press.
- . 1995. A comparison of occupational accidents in industry with of advanced manufacturing technology. *Int J Hum Factors Manufac* 5(3). 267-282.
- . En imprenta. The technical genesis of machine failures leading to occupational accidents. *Int J Ind Ergonomics*.
- . Aceptado para su publicación. Absolute and relative frequencies of automation accidents at different kinds of equipment and for different occupational groups. *J Saf Res*.
- Backström, T. 1996. Accident risk and safety protection in automated production. Tesis doctoral. *Arbete och Hälsa* 1996:7. Solna: Instituto Nacional de la Vida Laboral.
- Bainbridge, L. 1983. Ironies of automation. *Automatica* 19:775-779.
- Bell, R, D Reinert. 1992. Risk and system integrity concepts for safety related control systems. *Saf Sci* 15:283-308.
- Bouchard, P. 1991. *Échafaudages*. Guide série 4. Montreal: CSST.
- Bureau of National Affairs. 1975. *Occupational Safety and Health Standards. Roll-over Protective Structures for Material Handling Equipment and Tractors, Sections 1926, 1928*. Washington, DC: Bureau of National Affairs.
- Comisión Electrotécnica Internacional (CEI). 1992. *122 Draft Standard: Software for Computers in the Application of Industrial Safety-related Systems*. IEC 65 (Sec). Ginebra: CEI.
- . 1993. *123 Draft Standard: Functional Safety of Electrical/Electronic/Programmable Electronic Systems: Generic Aspects*. Part 1, General requirements Ginebra: CEI.
- Comunidad Europea (CE). 1974, 1977, 1979, 1982, 1987. *Directivas del Consejo sobre dispositivos de protección en caso de vuelco de los tractores agrícolas o forestales de ruedas*. Bruselas: CEE.
- . 1991. *Directiva del Consejo relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados Miembros sobre máquinas*. (91/368/CEE) Luxemburgo: CEE.
- Corbett, JM. 1988. Ergonomics in the development of human-centred AMT. *Applied Ergonomics* 19:35-39.
- Culver, C, C Connolly. 1994. Prevent fatal falls in construction. *Saf Health* Septiembre 1994:72-75.
- Deutsche Industrie Normen (DIN). 1990. *Grundsätze für Rechner in Systemen mit Sicherheitsaufgaben*. DIN V VDE 0801. Berlin: Beuth Verlag.
- . 1994. *Grundsätze für Rechner in Systemen mit Sicherheitsaufgaben Änderung A 1*. DIN V VDE 0801/A1. Berlin: Beuth Verlag.
- . 1995a. *Sicherheit von Maschinen—Druckempfindliche Schutzeinrichtungen [Seguridad de la maquinaria—Equipos protectores sensibles a la presión]*. DIN prEN 1760. Berlin: Beuth Verlag.
- . 1995b. *Rangier-Warcheinrichtungen—Anforderungen und Prüfung [Vehículos comerciales—detección de obstáculos durante la inversión—requisitos y pruebas]*. DIN-Norma 75031. Febrero 1995.
- Döös, M, T Backström. 1993. Description of accidents in automated materials handling. En *Ergonomics of Materials Handling and Information Processing at Work*, dirigido por WS Marras, W Karwowski, JL Smith y L Pacholski. Varsovia: Taylor and Francis.
- . 1994. Production disturbances as an accident risk. En *Advances in Agile Manufacturing*, dirigido por PT Kidd y W Karwowski. Amsterdam: IOS Press.
- Etherton, JR, ML Myers. 1990. Machine safety research at NIOSH and future directions. *Int J Ind Erg* 6:163-174.
- Freund, E, F Dierks, J Roßmann. 1993. *Untersuchungen zum Arbeitsschutz bei Mobilien Rotoren und Mehrroboter-Systemen [Pruebas de seguridad laboral de los robots móviles y los sistemas robóticos múltiples]*. Dortmund: Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz.
- Goble, W. 1992. *Evaluating Control System Reliability*. Nueva York: Instrument Society of America.
- Goodstein, LP, HB Anderson, SE Olsen (dirs.). 1988. *Tasks, Errors and Mental Models*. Londres: Taylor and Francis.
- Gryfe, CI. 1988. Causes and prevention of falling. En *International Fall Protection Symposium*. Orlando: Sociedad Internacional para la Protección contra Caídas.
- Health and Safety Executive. 1989. Health and safety statistics 1986-87. *Employ Gaz* 97(2).
- Heinrich, HW, D Peterson, N Roos. 1980. *Industrial Accident Prevention*. 5ª ed. Nueva York: McGraw-Hill.
- Hollnagel, E, D Woods. 1983. Cognitive systems engineering: New wine in new bottles. *Int J Man Machine Stud* 18:583-600.
- Hölscher, H, J Rader. 1984. *Mikrocomputer in der Sicherheitstechnik*. Rheinland: Verlag TgV-Reinland.
- Hörte, S-Å, P Lindberg. 1989. *Diffusion and Implementation of Advanced Manufacturing Technologies in Sweden*. Working paper No. 198:16. Institute of Innovation and Technology.
- Johnson, B. 1989. *Design and Analysis of Fault Tolerant Digital Systems*. Nueva York: Addison Wesley.
- Kidd, P. 1994. Skill-based automated manufacturing. En *Organization and Management of Advanced Manufacturing Systems*, dirigido por W Karwowski y G Salvendy. Nueva York: Wiley.
- Knowlton, RE. 1986. *An Introduction to Hazard and Operability Studies: The Guide Word Approach*. Vancouver, BC: Chemetics.
- Kuivanen, R. 1990. The impact on safety of disturbances in flexible manufacturing systems. En *Ergonomics of Hybrid Automated Systems II*, dirigido por W Karwowski y M Rahimi. Amsterdam: Elsevier.
- Laeser, RP, WI McLaughlin, DM Wolff. 1987. Fernsteuerung und Fehlerkontrolle von Voyager 2. *Spektrum der Wissenschaft* (1):S. 60-70.
- Lan, A, J Arteau, J-F Corbeil. 1994. *Protection Against Falls from Above-ground Billboards*. Simposio internacional sobre la protección contra caídas, San Diego, California, 27-28 de octubre, 1994. Actas de la Sociedad Internacional para la Protección contra Caídas.
- Langer, HJ, W Kurfürst. 1985. *Einsatz von Sensoren zur Absicherung des Rückraumes von Großfahrzeugen [Utilización de sensores para asegurar la zona de marcha atrás de los grandes vehículos]*. FB 605. Dortmund: Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz.
- Levenson, NG. 1986. Software safety: Why, what, and how. *ACM Computer Surveys* (2):S. 129-163.
- McManus, TN. n.d. *Confined Spaces*. Manuscrito.
- Mester, U, T Herwig, G Dönges, B Brodbeck, HD Bredow, M Behrens, U Ahrens. 1980. *Gefahrenschutz durch passive Infrarot-Sensoren (II) [Protección contra peligros mediante sensores infrarrojos]*. FB 243. Dortmund: Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz.
- Microsonic GmbH. 1996. Comunicado de la empresa. Dortmund, Alemania: Microsonic.
- Mohan, D, R Patel. 1992. Design of safer agricultural equipment: Application of ergonomics and epidemiology. *Int J Ind Erg* 10:301-310.
- National Fire Protection Association (NFPA). 1993. *NFPA 306: Control of Gas Hazards on Vessels*. Quincy, Massachusetts: NFPA.
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). 1994. *Worker Deaths in Confined Spaces*. Cincinnati, Ohio, Estados Unidos: DHHS/PHS/CDCEP/NIOSH Pub. No. 94-103. NIOSH.
- Neumann, PG. 1987. The N best (or worst) computer-related risk cases. *IEEE T Syst Man Cyber*. Nueva York: S.11-13.
- . 1994. Illustrative risks to the public in the use of computer systems and related technologies. *Software Engin Notes SIGSOFT* 19, No. 1:16-29.
- Occupational Safety and Health Administration (OSHA). 1988. *Selected Occupational Fatalities Related to Welding and Cutting as Found in Reports of OSHA Fatality/Catastrophe Investigations*. Washington, DC: OSHA.
- Organisme professionnel de prévention du bâtiment et des travaux publics (OPPBT). 1984. *Les équipements individuels de protection contre les chutes de hauteur*. Boulogne-Bilancourt, Francia: OPPBT.
- Organización Internacional de Normalización (ISO). 1981. *Agricultural and Forestry Wheeled Tractors. Protective Structures. Static Test Method and Acceptance Conditions*. ISO 5700. Ginebra: ISO.
- . 1990. *Quality Management and Quality Assurance Standards: Guidelines for the Application of ISO 9001 to the Development, Supply and Maintenance of Software*. ISO 9000-3. Ginebra: ISO.

- . 1991. *Industrial Automation Systems—Safety of Integrated Manufacturing Systems—Basic Requirements* (CD 11161). TC 184/WG 4. Ginebra: ISO.
- . 1994. *Commercial Vehicles—Obstacle Detection Device during Reversing—Requirements and Tests*. Technical Report TR 12155. Ginebra: ISO.
- Organización Internacional del Trabajo (OIT). 1965. *Safety & Health in Agricultural Work*. Ginebra: OIT.
- . 1969. *Safety and Health in Forestry Work*. Ginebra: OIT.
- . 1976. *Safe Construction and Operation of Tractors. An ILO Code of Practice*. Ginebra: OIT.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). 1987. *Standard Codes for the Official Testing of Agricultural Tractors*. París: OCDE.
- Rasmussen, J. 1983. Skills, rules and knowledge: Agenda, signs and symbols, and other distinctions in human performance models. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*. SMC13(3): 257–266.
- Reason, J. 1990. *Human Error*. Nueva York: Cambridge University Press.
- Reese, CD, GR Mills. 1986. Trauma epidemiology of confined space fatalities and its application to intervention/prevention now. En *The Changing Nature of Work and Workforce*. Cincinnati, Ohio: NIOSH.
- Reinert, D, G Reuss. 1991. Sicherheitstechnische Beurteilung und Prüfung mikroprozessorgesteuerter Sicherheitseinrichtungen. En *BIA-Handbuch*. Sicherheitstechnisches Informations- und Arbeitsblatt 310222. Bielefeld: Erich Schmidt Verlag.
- Schreiber, P, K Kuhn. 1995. *Informationstechnologie in der Fertigungstechnik* [Tecnología de la Información en las técnicas de producción, serie del Instituto Federal de Salud y Seguridad en el Trabajo]. FB 717. Dortmund: Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz.
- Schreiber, P. 1990. Entwicklungsstand bei Rückraumwarneinrichtungen [Situación del desarrollo de los dispositivos de alerta en la zona de marcha atrás]. *Technische Überwachung*, Nr. 4, Abril, S. 161.
- Sheridan, T. 1987. Supervisory control. En *Handbook of Human Factors*, dirigido por G. Salvendy. Nueva York: Wiley.
- Society of Automotive Engineers (SAE). 1974. *Operator Protection for Industrial Equipment*. SAE Standard j1042. Warrendale, Estados Unidos: SAE.
- . 1975. *Performance Criteria for Rollover Protection. SAE Recommended Practice*. SAE standard j1040a. Warrendale, Estados Unidos: SAE.
- Springfeldt, B. 1993. *Effects of Occupational Safety Rules and Measures with Special Regard to Injuries. Advantages of Automatically Working Solutions*. Estocolmo: Real Instituto de Tecnología, Departamento de Ciencias del Trabajo.
- Sugimoto, N. 1987. Subjects and problems of robot safety technology. En *Occupational Safety and Health in Automation and Robotics*, dirigido por K. Noto. Londres: Taylor & Francis. 175.
- Sulowski, AC (dir.). 1991. *Fundamentals of Fall Protection*. Toronto, Canadá: Sociedad Internacional para la Protección contra Caídas.
- Wehner, T. 1992. *Sicherheit als Fehlerfreundlichkeit*. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Zimolong, B, L Duda. 1992. Human error reduction strategies in advanced manufacturing systems. En *Human-robot Interaction*, dirigido por M Rahimi y W Karwowski. Londres: Taylor & Francis.
- technisches Informations- und Arbeitsblatt 330250. Bielefeld: Erich Schmidt.
- Emery, FE. 1969. *Systems Thinking*. Harmondsworth, Reino Unido: Penguin.
- Grams, T. 1990. *Denkfallen und Programmierfehler*. Berlin: Springer.
- Meffert, K, J Germer. 1985. Einsatz von Rechnern für Sicherheitsaufgaben—Standortbestimmung. *Die BG* 5:S. 246–253.
- Schreibwer, P, G Becker, W Dicke. 1985. *Gefahrenschutz durch Kontaktmatten und -böden [Protección contra peligros utilizando colchonetas y suelos de contacto]*. FB 414. Dortmund: Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz.
- System Safety Society. 1993. *System Safety Analysis Handbook*. Albuquerque, Nuevo México, Estados Unidos: New Mexico Chapter, System Safety Society.
- Thomas, M. 1988. Should we trust computers? En *SHARE*. Nijmegen, Países Bajos: Eur. Assoc.
- US Nuclear Regulatory Commission. 1975. *Reactor Safety Study. Wash 1400*. Washington, DC: Nuclear Regulatory Commission. (Publicado también en francés: *Projet Rasmussen. Etude de la sûreté des réacteurs*, París 1975, *Documentation française*.)
- Villemeur, A. 1988. *Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels. Fiabilité. Facteurs humains. Informatisation [Seguridad del funcionamiento de los sistemas industriales. Fiabilidad. Factores humanos. Informatización]*. París: Editions Eyrolles.
- Yoshinobu, Sato. 1985. *Safety Assessment of Automated Production Systems using Microelectronics. The Comprehensive Logic Models for the Analysis of Accidents Caused by Robots*. (Informes del Instituto de Investigación de la Seguridad Industrial, marzo 1985 (21–31), en japonés con un resumen y los títulos de las ilustraciones en inglés.) Tokio: Instituto de Investigación de la Seguridad Industrial.

#### Otras lecturas recomendadas

- Börner, F, F Kreutzkamp. 1994. Infälle und Störfälle, verursacht durch das Versagen von Steuerungen. En *BIA-Handbuch*. Sicherheit-