

SEGURIDAD Y ERGONOMÍA EN EL DISEÑO DE MÁQUINAS

- Normativa de seguridad de máquinas
- Descripción de peligros generados por las máquinas
- Ergonomía aplicada al diseño de máquinas
- Recomendaciones de diseño y protección

Normativa de seguridad de máquinas

- Real Decreto 1495/1986
- Directiva 89/392/CEE
- Real Decreto 1435/1992 y modificaciones introducidas por el Real Decreto 56/1995 (marcado CE)
- Real Decreto 1215/97
- Directiva 98/37/CEE y modificaciones introducidas por directiva 98/79/CEE (sustituye a la 89/392/CEE)
- Normas UNE sobre seguridad de máquinas

Normativa de seguridad de máquinas

Real Decreto 1495/1986 de 26 de mayo por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad en las máquinas

- Requisitos necesarios para una seguridad suficiente de acuerdo con la práctica tecnológica del momento, para preservar personas y bienes de los riesgos de instalación, funcionamiento, mantenimiento y reparación de las máquinas.
- Aplicable a las máquinas nuevas fabricadas o importadas con posibilidad de producir daño en las condiciones establecidas en las instrucciones técnicas complementarias (ITC) (en el anexo se presenta una relación detallada).
- Capítulo VII: Reglas generales de seguridad en el diseño y uso de las máquinas.
- Las reglas específicas para cada máquina se incluyen en las ITC.

Normativa de seguridad de máquinas

Real Decreto **1435/1992**, de 27 de noviembre, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva 89/392/CEE, del Consejo, de 14 de junio, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas y se fijan los requisitos esenciales de seguridad y salud.

- Capítulo I: Ambito de aplicación, comercialización y libre circulación
- Capítulo II: Procedimientos de certificación de la conformidad
- Capítulo III: Mercado CE
- Anexo I:
 - Requisitos esenciales de seguridad y salud relativos al diseño y fabricación de las máquinas y componentes de seguridad.
 - Algunos requisitos específicos a algunos tipos de máquinas.

Normativa de seguridad de máquinas

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

- Articulado: Objeto, definiciones, obligaciones del empresario, comprobación de los equipos de trabajo, formación, consulta a los trabajadores.
Equipo de trabajo: cualquier máquina, aparato, instrumento o instalación utilizado en el trabajo.
- Anexo I: Disposiciones mínimas aplicables a los equipos de trabajo.
- Anexo II: Disposiciones relativas a la utilización de los equipos de trabajo.

Normativa de seguridad de máquinas

Normas **UNE** armonizadas o no relativas a la seguridad de máquinas:

Normas tipo A.

Principios y conceptos fundamentales de seguridad aplicables a todos los tipos de máquinas

Normas tipo B.

Aspectos de seguridad o de un tipo de dispositivo que condiciona la seguridad, aplicables a una amplia gama de máquinas

Normas tipo B1. Aspectos particulares de la seguridad

Normas tipo B2. Sistemas, dispositivos o componentes que condicionan la seguridad

Normas tipo C.

Prescripciones de seguridad para una máquina concreta o grupo de máquinas

Normativa de seguridad de máquinas

Otras normas:

EUROPA:

- FEM, Federación Europea de Manutención <http://www.fem-eur.com/>
- CECIMO, the European Committee for the Co-operation of the Machine Tool
<http://www.cecimo.be/>

EEUU:

- ANSI (American National Standards Institute) <http://www.ansi.org/>
- OSHA (Occupational Safety and Health Administration) <http://www.osha.gov/>

Descripción de peligros generados por las máquinas

Origen del peligro:

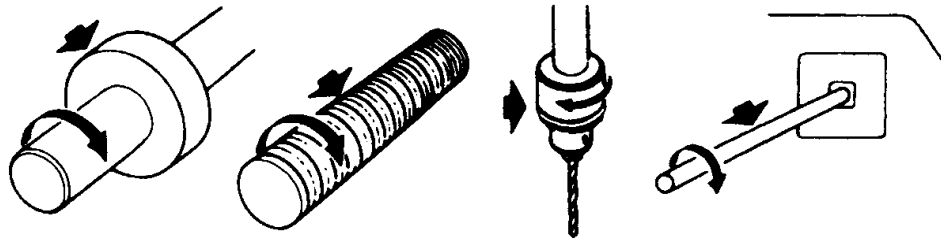
- mecánico
- eléctrico
- térmico
- acústico
- por vibración
- por radiación
- por los materiales
- por no respetar los principios de la ergonomía

Descripción de peligros generados por las máquinas

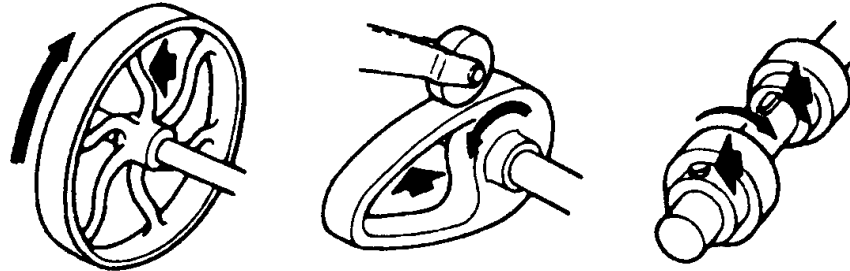
Peligros mecánicos

Movimientos de rotación

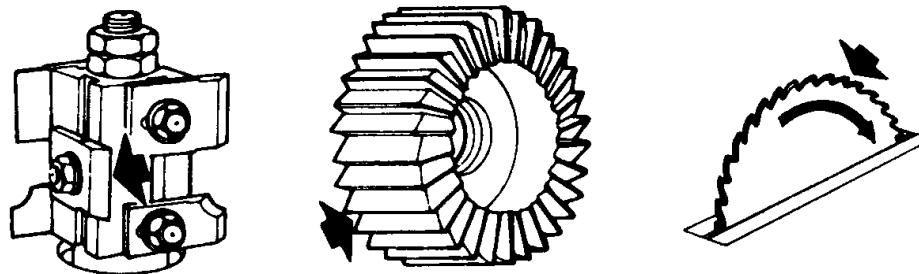
a) **Árboles:** Incluye acoplamientos, vástagos, brocas, tornillos, mandriles y barras. Suponen peligro aún cuando giren lentamente.



b) **Resalte y aberturas:** Algunas partes o elementos giratorios son aún más peligrosos por los resaltes o aberturas que poseen (ventiladores, poleas, ruedas de cadenas, engranajes).



c) **Herramientas de corte y abrasión:** Entran en contacto con el material para alterar su forma, tamaño, o acabado (herramientas de corte, muelas abrasivas, etc.).

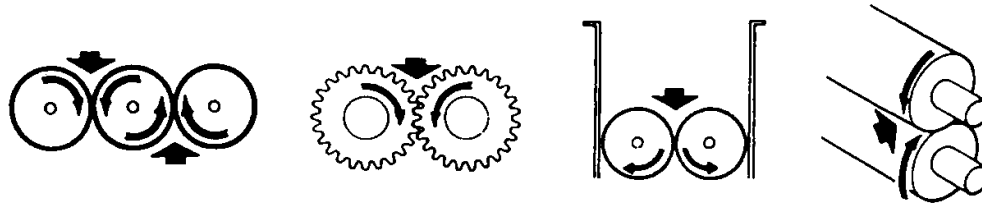


Descripción de peligros generados por las máquinas

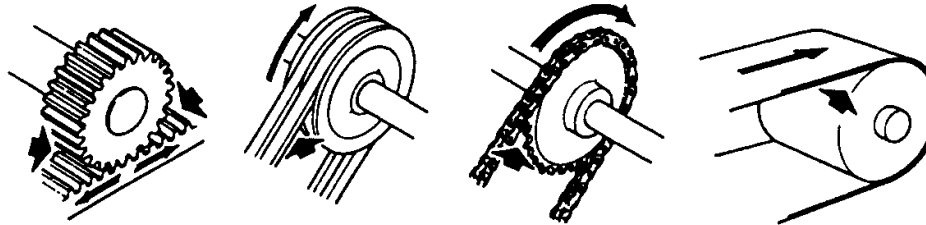
Peligros mecánicos

Movimientos de rotación

- a) **Entre piezas girando en sentido contrario:** Se presenta cuando dos o más árboles o cilindros giran con ejes paralelos y en sentido contrario, en contacto directo o con una cierta separación. Presentan peligros de atrapamiento.



- b) **Entre partes giratorias y otras con desplazamiento tangencial a ellas:** Se presenta en correas y poleas, cadena y rueda dentada, piñón y cremallera, cintas transportadoras, etc. Presentan peligros de atrapamiento y aplastamiento.



- c) **Entre piezas giratorias y partes fijas:** Se presenta en volantes con radios y armazón de la máquina, espirales o tornillos sinfín y su cubierta, etc. Presentan peligros de cizallamiento, aplastamiento o abrasión producidos por la pieza que gira en relación a la fija de la máquina.

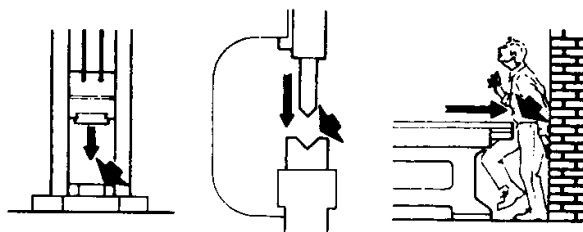


Descripción de peligros generados por las máquinas

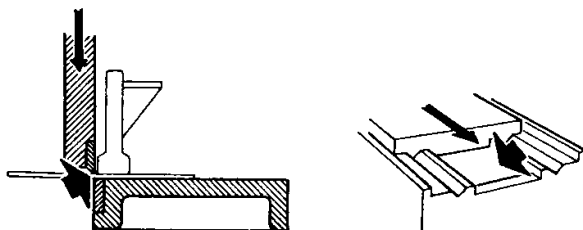
Peligros mecánicos

Movimientos de tralación

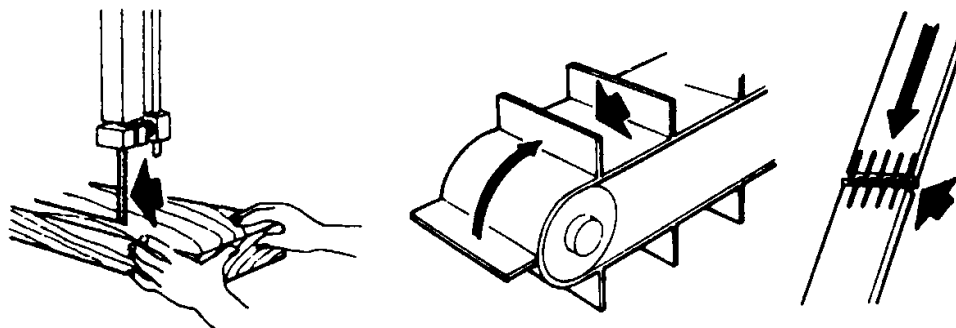
- a) **Formas de aproximación:** Se presentan en martillos de forja, corredera de prensa mecánica, máquinas de moldeo en fundición, movimiento de una máquina con respecto a una parte fija, etc. Originan peligros de aplastamiento.



- b) **Formas de sobrepaso:** Se presenta en cuchillas de guillotina, mesa de máquina-herramienta, etc. Originan peligros de aplastamiento o cizallamiento.



El peligro se debe generalmente a la naturaleza de la parte o elemento que se mueve (dientes de una hoja de cinta, costuras de correas, etc.). Presentan peligros de corte y enganche.

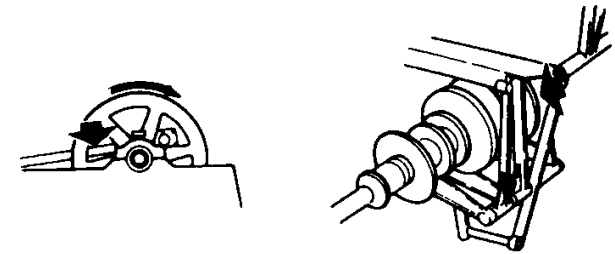


Descripción de peligros generados por las máquinas

Peligros mecánicos

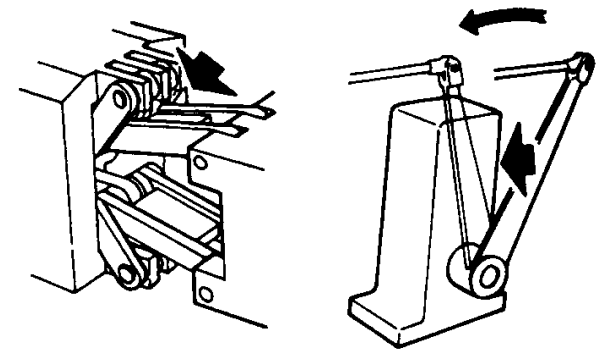
Movimientos de rotación y traslación

Se presenta en los mecanismos que tienen movimientos de traslación y rotación (conexiones de bielas y vástagos con ruedas o volantes, mecanismo lateral de algunas máquinas de imprimir y textiles, etc.). Presentan peligros de arrastre, enganche o aplastamiento.



Movimientos de oscilación

Se presenta en los mecanismos que tienen movimientos de oscilación pendular, pudiendo presentarse también por movimientos de tijera (brazos articulados de poleas de tensión). Presentan peligros de aplastamiento, cizallamiento, enganche, etc.



Ergonomía aplicada al diseño de máquinas

La **ergonomía** estudia la relación del hombre con los objetos y productos que ha de usar.

El diseño de máquinas, como productos usados por el hombre, y dependientes de él en muchos casos, no puede realizarse al margen de las consideraciones ergonómicas.

Relaciones hombre - máquina:

- visual
- auditiva
- táctil
- postural

Ergonomía aplicada al diseño de máquinas

Comunicación hombre - máquina a través de indicadores

USOS	EJEMPLOS
Indicar estado	1. Luz de 'ready' del flash en la cámara fotográfica 2. Luz de 'papel acabado' en la impresora 3. Zumbador en el microondas para indicar que se acabó el tiempo programado
Identificar función	4. Etiquetas en los controles de una fotocopiadora
Dar instrucciones	5. Dibujos de monedas en el teléfono 6. Figuras de un manual de usuario 7. Etiqueta del cambio de marcha en la palanca de cambios
Transmitir advertencias	8. Intermitentes o luces de emergencia en un automóvil
Mostrar información cualitativa	9. Indicador de 3 zonas de temperatura de un automóvil
Mostrar información cuantitativa	10. Velocímetro 11. Reloj digital

Ergonomía aplicada al diseño de máquinas

Comunicación hombre - máquina a través de indicadores

INDICADORES AUDITIVOS	INDICADORES VISUALES
Para mensajes simples.	Para mensajes complejos.
Para mensajes cortos.	Para mensajes largos.
El mensaje se refiere al presente.	El mensaje se refiere al futuro.
El mensaje se refiere a hechos que están sucediendo.	El mensaje se refiere a localizaciones en el espacio.
El mensaje exige una acción inmediata.	El mensaje no exige una acción inmediata.
El sistema visual del operario está sobrecargado.	El sistema auditivo del operario está sobrecargado.
El lugar donde se recibe la señal está demasiado iluminado.	El lugar donde se recibe la señal es demasiado ruidoso.
El trabajo que realiza el operario le exige moverse continuamente.	El trabajo que realiza el operario le exige permanecer en la misma posición.

Tipo de información	Indicador preferido	Comentarios	Aplicaciones
<i>Cuantitativa</i>	Digital	Alta precisión de lectura Rapidez de lectura El indicador puede ser pequeño, y necesita poco espacio No es apropiado cuando los valores numéricos mostrados cambian rápidamente No es apropiado para mostrar información sobre tasas de cambio	Relojes, temporizadores, contadores, componentes audiovisuales, cajas registradoras, calculadoras, termómetros, cámaras, surtidor de gasolina
	Aguja móvil con escala fija	No es tan rápido de leer como un digital Más grandes comparados con los digitales Apropiado cuando los valores numéricos mostrados cambian rápidamente Se puede deducir información sobre tasas de cambio	Relojes, altímetros, componentes de audio, velocímetros, termómetros, radios, barómetros
<i>Cualitativa</i>	Aguja móvil con escala fija	Apropiado para mostrar información categórica Es posible utilizar códigos de colores para cada rango de la categoría Apropiado para mostrar desviaciones de un valor crítico	Muchos tipos de escalas, tacómetros, instrumentos de aviación
<i>Indicación del estado</i>	Luz indicadora	Todas las luces indicadoras deben estar etiquetadas Pueden estar codificadas por color Pueden ser incorporadas sobre el control para indicar su estado	Componentes audiovisuales, VCRs, copiadoras, teclados, monitores, módems, disqueteras
	Luz de leyenda	Pueden estar codificadas por color	Impresoras, ordenadores
	Anunciadores	Pueden estar codificadas por color	Automóviles, aviación
	Símbolos gráficos	Deberían ser evaluados para asegurarse de que se entiende el significado correcto	Automóviles, cámaras
<i>Avisos</i>	Luces de aviso	Las luces intermitentes son más efectivas	Automóviles, cámaras
	Símbolos gráficos	Deberían ser evaluados para asegurarse de que se entiende el significado correcto	Herramientas
	Texto	Debe llamar la atención (tamaño, sombreado, etc.)	Instrucciones cortas sobre aparatos

Ergonomía aplicada al diseño de máquinas

Normas sobre símbolos

ISO 3461. Símbolos gráficos. Principios generales

ISO/TR 7239. Recomendaciones para el diseño de símbolos

ISO 7000. Catálogo de símbolos de uso en diferentes productos

ISO 7001. Símbolos de información al público.

Ergonomía aplicada al diseño de máquinas

Normas sobre codificación por colores:

Reglamento de aparatos a presión (RD 1244/1979):

Colores a aplicar para depósitos y contenedores de gases comprimidos y licuados

Reglamento electrotécnico de baja tensión (D 2413/1973):

Códigos de colores para los conductores eléctricos

Ordenanza de Seguridad e Higiene en el Trabajo (O 9/3/1971):

Códigos de colores para tuberías de conducción de fluidos

Amarillo: Comandos de las máquinas (volantes de acción a mano, palancas) y estructuras de los equipos móviles de transporte elevado

Naranja: Interior de puertas y tapas que deban permanecer cerradas durante el trabajo

Rojo: Equipos y materiales contra incendios

Verde: Cruces de botiquines de primeros auxilios

Violeta: Equipo con material radiactivo

Amarillo y negro: Costados de escaleras, frentes de peldaños, elementos sobresalientes, cajas protectoras de la polea de los ganchos de las grúas, partes anteriores y posteriores de los equipos de transporte

Ergonomía aplicada al diseño de máquinas

Diseño de controles y mandos

Los controles y mandos son sistemas que el usuario manipula para conseguir respuestas de la máquina.

Tipos:

Discretos: definen diferentes alternativas discretas

Continuos: definen un rango de valores de forma continua

Factores de diseño y selección:

Capacidad de los usuarios: fuerza, visión, percepción, memoria, antropometría

Feedback: el usuario debe saber si ha activado o no el mando

Resistencia: estática, elástica, viscosa, inercial

Textura: rugosidad, dureza

Efectividad: mano de preferencia, movimientos requeridos, uso de guantes

Eliminación activación accidental: Orientación, resistencia, mov. complejos

Ergonomía aplicada al diseño de máquinas

Posturas de trabajo

El diseño de una máquina afecta a la postura de trabajo del usuario u operario

Las posturas inadecuadas dan lugar a:

- lesiones musculoesqueléticas acumulativas:
 - Lumblagias
 - Dolores cuello y espalda
 - Tendinitis
 - Síndrome del túnel-carpiano
- mayor riesgo de accidentes

Las dimensiones de la máquina deber acoplarse a las del usuario o tener capacidad de regulación dentro de los rangos indicados por los datos antropométricos

Ergonomía aplicada al diseño de máquinas

Posturas recomendadas para diferentes tipos de trabajo:

PARAMETROS	A	B	C	D	E	F	G	H
(A) Cargas pesadas y/o fuerzas elevadas								
(B) Trabajo intermitente	P							
(C) Grandes radios de acción	P	P						
(D) Tareas Variadas	P	P	P					
(E) Altura variable del plano de trabajo	P	P	P	P				
(F) Movimientos repetitivos	SP	S SP	SP	SP	S			
(G) Atención Visual	SP	S SP	SP	SP	S	S		
(H) Tareas de precisión	SP	S SP	SP	SP	S	S	S	
(I) Duración mayor de 4 horas	SP	S SP	P/C	P/C	S	S	S	S

P = de Pie;
 S = Sentado;
 SP = Sentado-de Pie (se puede utilizar un puesto de trabajo de pie, pero no se recomienda);
 P/C = de Pie con posibilidad de sentarse en una silla

Ergonomía aplicada al diseño de máquinas

Recomendaciones de diseño:

- Postura vertical y de frente
- Movilidad de posturas
- Reparto del trabajo muscular: mano, pie, ...
- Plano de trabajo más bajo que el corazón:



Ergonomía aplicada al diseño de máquinas

Iluminación, ruido y vibraciones

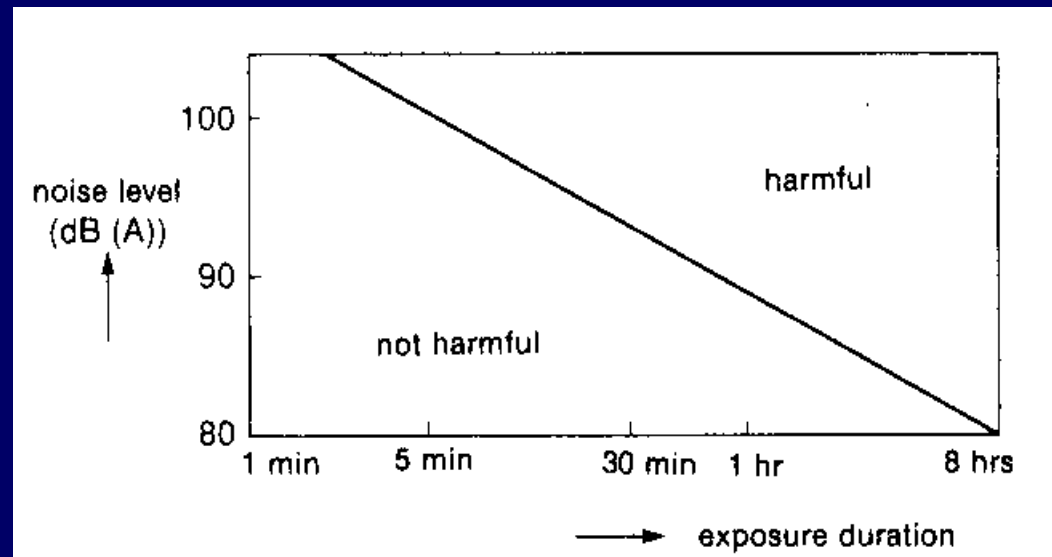
Iluminación: Puntos de luz en los trabajos que exijan precisión

Ruido: < 80 dB para jornada 8 h

Vibraciones:

Reducción en origen siempre que sea posible:

- Eliminar desequilibrios
- Aumentar amortiguación
- Realizar mantenimiento



Evitar la transmisión:

- Aisladores en patas o suelos antivibrantes
- Suspensiones y asientos amortiguados en vehículos
- Amortiguar mangos de herramientas

Recomendaciones de diseño y protección

Responsabilidad de diseñador y usuario

	PREVENCIÓN	PROTECCIÓN	INFORMACIÓN
Medidas de seguridad adoptadas por el diseñador	Prevención intrínseca	Protección en el diseño	Diseño de sistemas de información para la utilización
Medidas de seguridad adoptadas por el usuario		Suministro de equipos de protección individual	Formación Procedimientos de trabajo seguros Supervisión Sistemas de permiso de trabajo

Recomendaciones de diseño y protección

Pasos en el diseño de máquinas seguras:

- Determinación de límites de la máquina: espaciales, temporales, de uso
- Identificación sistemática de situaciones peligrosas en las diferentes fases y modos de funcionamiento de la máquina: montaje, uso, mantenimiento, fallo, mal uso, ...
- Protección de los peligros que no pueden ser evitados
- Información y advertencia de riesgos residuales

Recomendaciones de diseño y protección

Reducción de riesgos mediante prevención intrínseca

Las máquinas han de ser seguras pero la seguridad absoluta no existe

$$\text{Riesgo} = \text{Gravedad} * \text{Probabilidad}$$

Algunas técnicas de prevención intrínseca:

- Evitar aristas cortantes, ángulos agudos, partes salientes
- Evitar posibilidades de aplastamiento o atrapamiento
- Mantener las fuerzas de accionamiento en valores bajos
- Reducir la masa de los elementos móviles
- Evitar el ruido y las vibraciones
- Evitar el fallo o rotura a través de un diseño técnico adecuado
- Usar fuentes de alimentación seguras: bajas tensiones, no uso de electricidad en ambientes explosivos
- Usar acción mecánica positiva siempre que se pueda (evitar gravedad, muelles)
- Respetar los principios de ergonomía

Recomendaciones de diseño y protección

Recomendaciones relativas al mando:

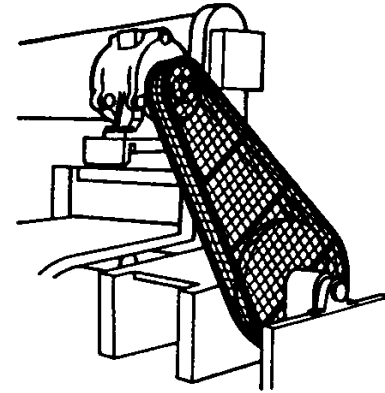
- 0: parada, 1: marcha
- Evitar arranque espontáneo al restablecer la alimentación
- Uso de sistemas de fallo orientado: se conoce el tipo de fallo
- Duplicación o redundancia de componentes críticos
- Usar autocontrol: acción de seguridad si disminuye la aptitud de un componente
- Proteger las funciones de seguridad en mandos programables
- Considerar modos de mando especiales: mantenimiento, reglaje, localización averías

Recomendaciones de diseño y protección

Reducción de riesgos mediante protección:

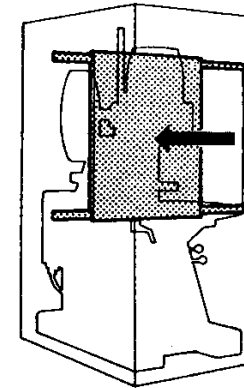
Resguardo fijo

Resguardo que se mantiene en su posición de forma permanente (soldadura) o mediante elementos de fijación (tornillos) que impiden que puedan ser retirados sin auxilio de herramientas.



Resguardo móvil

Resguardo generalmente asociado mecánicamente al bastidor de la máquina o a un elemento fijo próximo, mediante bisagras o guías de deslizamiento y que es posible abrir sin uso de herramientas.

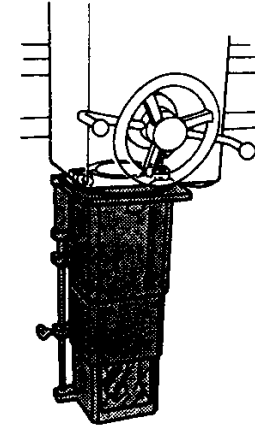


Recomendaciones de diseño y protección

Reducción de riesgos mediante protección:

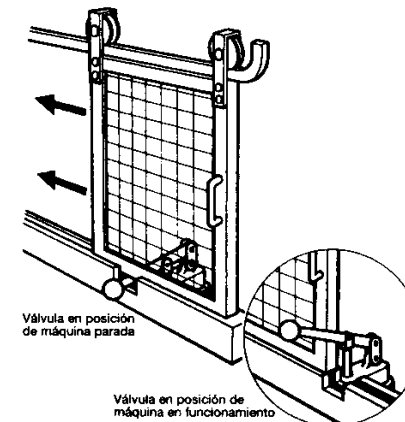
Resguardo regulable

Resguardo fijo o móvil que es regulable en su totalidad o que incorpora partes regulables.



Resguardo con dispositivo de enclavamiento

Resguardo asociado a un dispositivo de enclavamiento de manera que las funciones de seguridad de la máquina cubiertas por el resguardo no puedan desempeñarse hasta que el resguardo esté cerrado, la apertura del resguardo supone la orden de parada, mientras que su cerrado no provoca la puesta en marcha de la máquina.

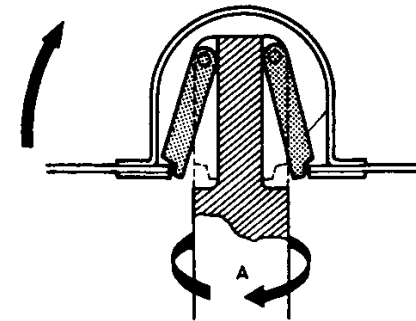


Recomendaciones de diseño y protección

Reducción de riesgos mediante protección:

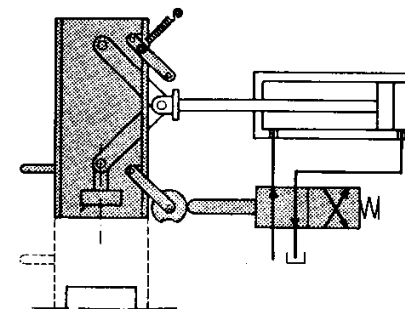
Resguardo con dispositivo de enclavamiento y bloqueo

Resguardo asociado a un dispositivo de enclavamiento y a un dispositivo de bloqueo mecánico. Se diferencia del anterior en que no puede abrirse hasta que desaparece el riesgo de lesión.



Resguardo asociado al mando

Resguardo asociado a un dispositivo de enclavamiento o de enclavamiento y bloqueo, de forma que las funciones peligrosas de la máquina no pueden realizarse hasta que el resguardo esté cerrado, mientras que el cierre del resguardo provoca la puesta en marcha de la máquina.

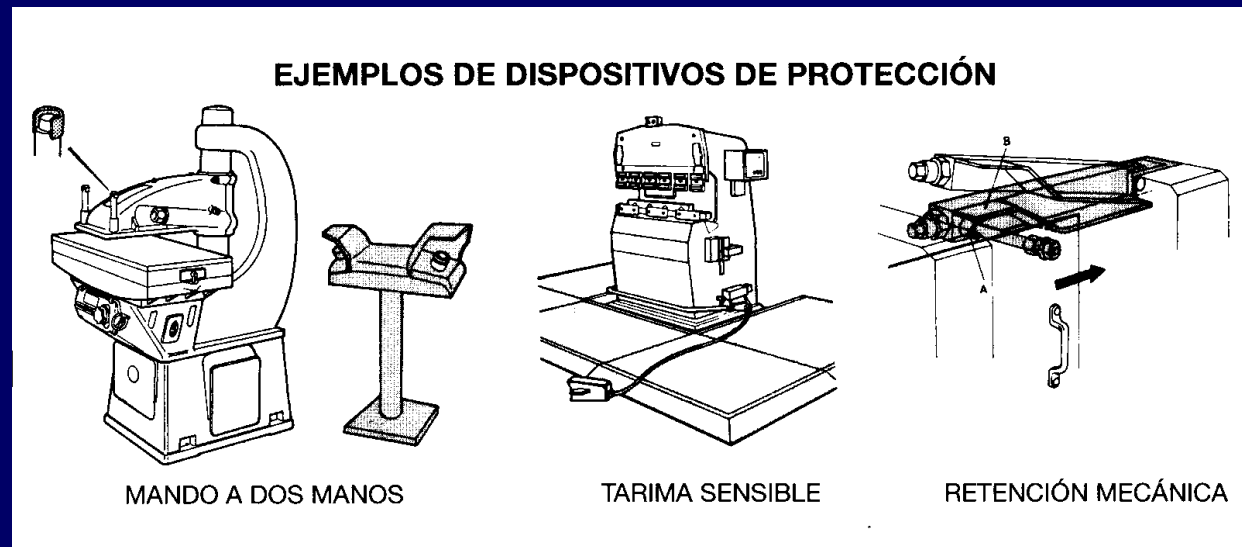


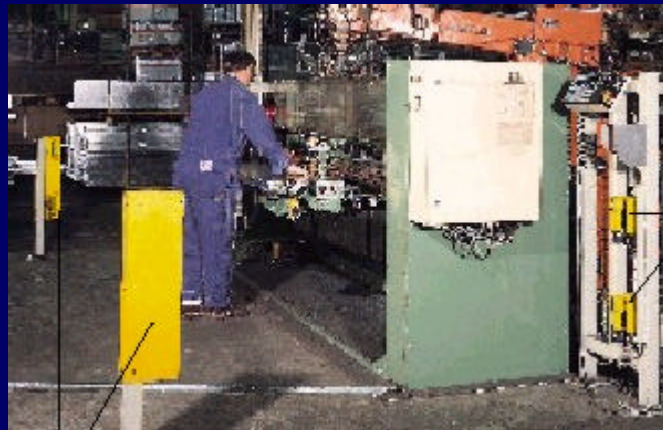
Recomendaciones de diseño y protección

Reducción de riesgos mediante protección:

Dispositivos de protección

- De enclavamiento
- De validación
- Mando sensitivo
- Mando a dos manos
- Dispositivo sensible: mecánico o no mecánico
- De retención mecánica
- Limitador
- Mando de marcha a impulsos
- Deflector





Recomendaciones de diseño y protección

Información para la utilización:

- Debe informar de los peligros residuales
- Debe definir el uso previsto
- Debe incluir información relativa al transporte, puesta en marcha, eliminación
- Dependiendo del riesgo de desinformación debe ir en la máquina o en el manual de instrucciones
- Tipos:
 - Señales visuales y sonoras: deben ser claras, audibles, reconocibles, que no saturen
 - Marcas y pictogramas
 - Manual de instrucciones