

2. SEGURIDAD EN INSTALACIONES ROBOTIZADA Y PROCESOS INDUSTRIALES

La seguridad es un tema crítico a tener en consideración durante el diseño, implementación y operación de una instalación robotizada.

Fundamentalmente porque el robot posee mayor índice de riesgo a un accidente que otra máquina de características similares. Las masas puestas en juego son muy elevadas (análisis dinámico) con altas velocidades de trabajo (análisis cinemático). Los movimientos están comprendidos en un espacio de trabajo que incluso va más allá de las dimensiones de la base del robot, implicando la no previsibilidad de su campo de acción.

Estudios realizados en Suecia y Japón indican que la mayoría de los accidentes en instalaciones robotizadas no se producen en condiciones normales de funcionamiento sino en tiempo de programación, mejoras, reparaciones, pruebas, montaje o ajuste. Durante estas tareas el operador, programador o encargado de mantenimiento correctivo pueden temporalmente encontrarse dentro de la zona de trabajo del robot. En tal situación, una operación imprevista puede resultar en una lesión.

La seguridad en sistemas robotizados presentará dos puntos de vista: aquel que se refiere a la seguridad intrínseca del robot y que es responsabilidad del fabricante; y aquel relacionado con el diseño e implantación del sistema y su posterior utilización, programación y mantenimiento, responsabilidad del usua

Para prevenir los posibles accidentes ocasionados por robots, debemos comenzar por detectar qué tipo de accidentes se producen, para luego analizar el por qué se originan y finalmente determinar cómo pueden evitarse.

2.1. Tipos de accidentes

En función de lo comentado anteriormente, los robots industriales debido a su automatización dan lugar a accidentes de especiales características. Los riesgos más frecuentes en su manejo son

- Colisión entre robot y homb
Debido a un funcionamiento errático durante una secuencia de programación el operador puede resultar golpeado. El golpe puede darse directamente por el brazo del robot, una herramienta o el elemento terminar que va unido al brazo.
- Atrapamiento o aplastamiento del hombre por el robot
Un operario entra a la zona de trabajo del robot y queda atrapado entre la parte de atrás del robot y la reja de seguridad u otro obstáculo que se encuentre a su alrededor.
- Proyección de material o piezas transportadas por el robot
Los operarios pueden ser alcanzados por piezas que el robot deje caer o proyecte, partes de herramienta luego de rotura o producirse quemaduras por gotas de material fundido o cáustico vertidos por una mala operación realizada por él.
- Accidentes tradicionales
Son los mencionados en los puntos anteriores, pero producidos como consecuencia de la sustitución del robot por un operario en caso de avería de aquel. Los riesgos se originan por la falta de práctica y pérdida del método de trabajo

2.2. Causas de accidentes

Habiéndose establecido los distintos tipos de accidentes que se pueden presentar, las causas que los originan se deben entre otros factores a:

- Mal funcionamiento del sistema de control

Los accidentes originados por este tipo de riesgos pueden deberse a averías en los materiales que componen el sistema de control, o bien riesgos por fallos en la lógica de programación.

Podemos citar en este apartado:

- Riesgos como consecuencia de un fallo material que origina un defecto por ejemplo en la memoria RAM.
- Perturbaciones en el equipamiento producidas por choques, vibraciones, temperatura y exigencias físicas originadas por los desplazamientos dinámicos y cinemáticos del robot.
- Perturbaciones en el equipamiento de origen eléctrico (variaciones en las tensiones de alimentación, caídas de tensión, variación de la frecuencia de la red, tensiones impulsivas en operaciones normales de conmutación de cargas, sobretensiones de origen atmosférico, etc
- Riesgos por problemas de control en los sistemas hidráulicos y/o neumáticos que forman el entorno del robot (defectos en válvulas, fallos en las conducciones, etc.
- Fallos producidos por el programador al crear el programa y que no han sido detectados durante los períodos de ensayo y pruebas de funcionamiento.
- Fallos en los programas por intervención de los usuarios, creando secuencias peligrosas

- Acceso indebido de personal a la zona de trabajo del robo

Son los riesgos más importantes y peligrosos y se producen como consecuencia del acceso del operario a lugares que normalmente no le son permitidos.

Estos eventos pueden producirse por dos causas principales

- Falta de conocimiento del manejo y áreas de trabajo del robot
- Exceso de familiaridad / confianza con el robot

- Errores humanos

Son los riesgos que se producen en las etapas de mantenimiento, programación, pruebas de funcionamiento y puesta en serv

En algunos casos, también se producen por exceso de confianza del programador o personal de mantenimiento.

- Fallos de origen mecánico

Se derivan de las piezas o herramientas manipulados o transportados por el robot, como ser piezas con aristas vivas, cargas pesadas, electrodos, etc

Un fallo mecánico puede ser el resultado de una sobrecarga del robot, pudiéndose producir el accidente al soltarse una pieza que se esté manipulando.

Influyen en este ítem la fatiga de los materiales y la realización de trabajos en ambien corrosivos.

2.3. Estrategias para la implementación de medidas de seguridad

Las normativas internacionales que dictan lineamientos respecto de la seguridad en instalaciones robotizadas presentan en general una estrategia de trabajo para el desarrollo y selección de medidas de seguridad. Esta estrategia comprende las siguientes consideraciones:

- Determinación de la zona de protección (área de trabajo del robot).
- Identificación y descripción de todos aquellos peligros que pueda generar la máquina durante el período de trabajo en sus diferentes etapas.
- Definición de cada riesgo que puede producir un accidente.
- Comprobación de que las medidas de seguridad adoptadas son adecuadas.

2.4. Medidas de seguridad

Se hace preciso determinar las medidas de seguridad que disminuyan el riesgo y la gravedad de los posibles accidentes. Será de gran importancia, para lograr un nivel de seguridad adecuado, el impedir el acceso de operarios al campo de acción del robot mientras éste está en funcionamiento. O bien, en caso de ocurrir, detener cualquier acción del robot que implique un riesgo para la persona que ingresó al área de trabajo.

Analizaremos las distintas medidas factibles de tomar en función del ámbito de aplicación.

2.4.1. Medidas de seguridad a tomar en la fase de diseño del robot

En el diseño del robot y de su sistema de control debe considerarse siempre el posible accidente, tomándose las acciones oportunas para evitarlo o bien limitar sus efectos negativos. El propio robot deberá contar con las siguientes consideraciones:

- Supervisión del sistema de control
El sistema de control debiera supervisar en forma continua su correcto funcionamiento (match-dog), el de los sistemas dependientes y el de los lazos de comunicación entre todos ellos. En el proceso de inicialización el sistema de control debiera realizar un chequeo general (autodiagnóstico) previo a la habilitación del equipo.
- Velocidad máxima limitada
Todas las tareas del robot que requieran la presencia de personal dentro del espacio de trabajo del mismo, deben realizarse a velocidad inferior a la nominal. Dentro de estas tareas se encuentran: la programación en sus diferentes metodologías, el mantenimiento, la calibración, las pruebas de funcionamiento de nuevos programas o modificaciones en los existentes, la puesta en marcha, etc.

Esta velocidad reducida deberá seleccionarse en forma automática (sin intervención del operador) al seleccionarse el modo de programación o funcionamiento manual.

Como referencia, la velocidad en las circunstancias mencionadas debe ser inferior en todos los ejes a 250mm/seg. (Norma ANSI/RIA R15.06).

- Detectores de sobrecarga
Incluidos en los accionamientos, deben desactivarlos cuando se sobrepase un valor excesivo (caso de colisión o de atrapamiento de una persona contra una parte fija, o de una parte del robot contra sectores de la instalación indeseados).

- **Dispositivo de habilitación**
La unidad de programación deberá contar con un pulsador de tres posiciones que sea empleado para el movimiento manual del robot. Los movimientos del robot sólo se lograrán cuando el pulsador esté apretado en su posición intermedia, deteniéndose en su totalidad cuando esté apretado totalmente o cuando esté soltado.
- **Códigos de acceso**
El manejo de la unidad de control, las acciones de arranque y parada, las modificaciones a los programas, etc., deben ser tareas restringidas al personal habilitado a tal efecto. Deberán estar limitadas mediante el empleo de llaves, códigos de seguridad, etc.).
- **Frenos mecánicos adicio**
Deberán existir en caso de manejo de grandes cargas, a fin de funcionar en caso de corte de alimentación de los accionamientos, y disponer de medios manuales para su desactivación

2.4.2. Medidas de seguridad a tomar en la fase de diseño de la estación robotiza

En el diseño del lay-out de la instalación robotizada se deberá considerar la utilización de barreras de acceso y protección en general que

Dentro de las medidas a tomar, se desta

- **Delimitación segura del área de trabajo del robot**

Se deberá identificar claramente la zona máxima en que se produce el movimiento del robot con marcación en el suelo, señales y barreras especiales y colocar todos los controles de los equipos fuera de esa zona.

El área de trabajo del robot debe ser considerado espacio restringido y protegido, de manera de evitar el ingreso indeseado de personal. A tal efecto deberán disponerse de barreras adecuadas de acceso y protecciones que detecten el eventual ingreso de personal no autorizado actuando en consecuencia (parada inmediata al entrar en la zona de trabajo del robot).

Dentro de los dispositivos a ser empleados se deberá contar con barreras de seguridad fotoeléctricas industriales, sensores de presencia o proximidad, sistemas de visión, scanner láser, etc. Estos elementos serán descritos en próximo apa



Sensores fotoeléctricos, barreras infrarrojas, scanner laser

- Función de pa

A nivel internacional existe una armonización de las normas respecto a las categorías de paro para máquinas o sistemas industriales. Las funciones de paro tienen tres categorías:

- *Categoría 0:* es el paro por medio de la desconexión inmediata de la alimentación eléctrica a los accionadores de la máquina. Considerado un paro no controlado, la acción eventual de frenado que requiera alimentación eléctrica no será eficaz. Esto permitirá que los motores giren libremente y paren por inercia. En otros casos, la máquina que esté reteniendo accesorios los dejará caer si requiere alimentación eléctrica para retener el material.

El paro de categoría 0 tiene prioridad sobre los paros de categoría 1 ó 2.

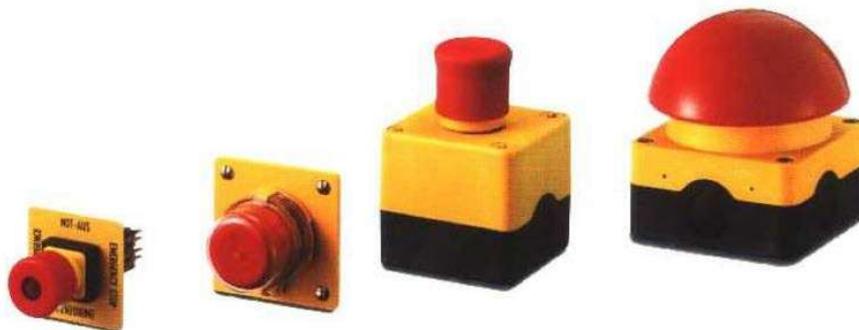
- *Categoría 1:* es un paro controlado con alimentación eléctrica disponible para accionadores de la máquina para realizar el freno. Esto permite que el fren eléctrico detenga rápidamente el movimiento peligroso y luego la alimentación eléctrica puede desconectarse de los accionadores.
- *Categoría 2:* es un paro controlado con alimentación eléctrica disponible para los accionadores de la máquina. Un paro de producción normal se considera paro de categoría 2.

Cuando la función de paro es la acción tomada por los dispositivos relacionados a la seguridad del sistema de control en respuesta a una señal de entrada, debería utilizarse la categoría 0 ó 1.

- Función de paro de emergencia

Esta función, que corresponderá a un paro de categoría 0 ó 1, debe ser iniciada por una sola acción humana. Cuando se ejecuta, debe anular todas las otras funciones y modos de operación de la máquina. El objetivo será desconectar la alimentación eléctrica tan rápidamente como sea posible sin crear peligros adicionales

Cuando se accione el dispositivo de paro de emergencia, éste se debe enclavar y no debe ser posible generar el comando de paro sin enclavarlo. El restablecimiento del dispositivo de paro de emergencia no causará una situación peligrosa, empleándose un acción separada y deliberada para reiniciar la máquina



Botoneras de seguridad para paro de emergencia

Los paneles de operación deben contar con al menos un dispositivo de paro de emergencia. Otros dispositivos pueden ser empleados en otros lugares según sea necesario. En todos los casos, estarán diseñados y construidos para cumplir tal función. Los más usuales son los pulsadores que tienen forma de hongo (o de operación con la palma de la mano), de color rojo y fondo amarillo.

Estas paradas debieran ser ubicadas en lugares estratégicos que puedan ser alcanzados fácilmente por cualquier persona que advierta la ocurrencia de un accidente. Es fundamental que los operarios conozcan la ubicación de dichos pulsadores.

En caso de que la pinza o garra sujete alguna pieza, esta deberá permanecer sujeta ante una parada de emergencia, con lo que la categoría adecuada de utilización será la categoría 1.

- Funcionamiento condicional

El programa del robot deberá contemplar la detención del equipo en caso de que durante el funcionamiento de la estación el operario necesite realizar trabajos ingresando al área de trabajo (por ejemplo, para abastecer de un insumo o para reposición de piezas).

- Zonas de mantenimiento

Se contemplará la existencia de zonas de reparación y mantenimiento. Estas zonas, dentro del campo de acción del robot, estarán fuera de su zona de trabajo. En ellas se asegurará mediante diferentes dispositivos que el robot no realizará movimientos de manera automática.

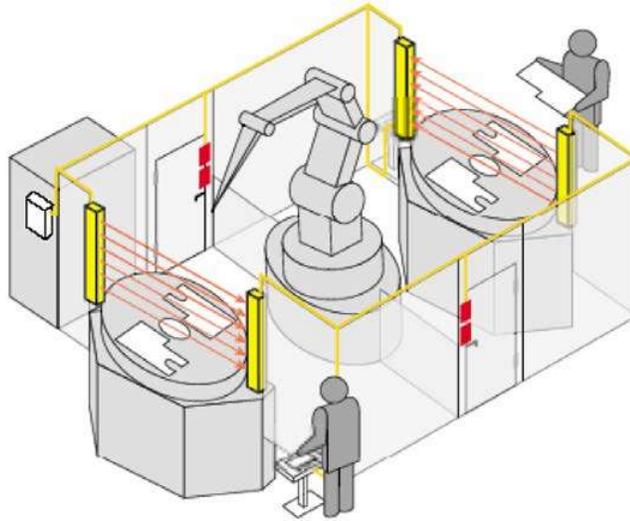
- Señalización adecuada

La instalación debe estar dotada de una adecuada señalización del estado del robot o línea robotizada mediante señales luminosas y acústicas. En toda etapa de puesta en servicio, pero en particular luego de una parada de cualquier naturaleza, el sistema deberá advertir al personal del próximo e inminente inicio de ciclo del robot.

Una señalización (luminosa o acústica) indicará en todo momento que el robot está o va a ponerse en funcionamiento.

- Dispositivo de intercambio de piezas

En caso de que el operador deba poner/quitar piezas situadas dentro del área de trabajo del robot, se emplearán dispositivos que permitan realizar estas acciones a distancia, utilizando, por ejemplo, mesas giratorias.



2.4.3. Medidas de seguridad a tomar en la fase de utilización

Se deberá reducir el riesgo de accidentes durante las etapas de programación, pruebas de funcionamiento, puesta en marcha y funcionamiento normal del sistema. Para el logro de este objetivo es de vital importancia considerar:

- Normalización de la metodología para la prueba de programas

Un programa nuevo o existente con modificaciones deberá ejecutarse primero a velocidad restringida y paso a paso, luego a velocidad restringida en forma continua y finalmente se podrá aumentar en forma progresiva la velocidad de funcionamiento hasta llegar a la nomin

Todas las pruebas a realizarse que requieran la presencia del programador dentro del espacio de trabajo del robot deberán hacerse a velocidad lenta, y con la participación de un segundo operario observando la marcha del proceso dispuesto a accionar una parada de emergencia en caso de necesidad.

Esta consideración contempla tareas tales como: prueba de programas nuevos, prueba de programas existentes con modificaciones (aún si son consideradas menores), calibraciones y ajustes del robot, pruebas de funcionamiento en general.

En cualquier caso, el funcionamiento en automático del robot deberá ser realizado con el personal fuera del área de trabajo, aun siendo en fase de pruebas.

- Capacitación adecuada del personal

La capacitación deberá hacer hincapié en los riesgos de accidentes que un robot o sistema robotizado puede presentar, y debiera estar dirigido a la totalidad de personal involucrado con dichos equipos (operadores, programadores, personal de mantenimiento, etc.).

- Revisión de protecciones

Las protecciones y sistemas de seguridad deberán ser revisados en forma periódica, siguiendo un programa preestablecido que pueda ser supervisado y controlado en forma adecuad