

Robots industriales colaborativos: una nueva forma de trabajo

Jorge Sanz Pereda

Centro Nacional de Verificación de Maquinaria. INSST

La evidente progresión tecnológica que estamos viviendo en la actualidad ha supuesto la aparición de nuevas tecnologías y procesos que conllevan mejoras en la producción de la cantidad y calidad de los productos; pero que a su vez pueden ser también una fuente generadora de nuevos «riesgos» para los trabajadores.

La utilización de robots en los procesos de producción tiene una larga trayectoria en el mundo industrial, pero en la actualidad hay que hablar de un nuevo concepto de robótica: la robótica colaborativa.

Así, nos encontramos una nueva forma de trabajar con robots en la que los robots y las personas trabajan mano a mano en un mismo espacio, sin que existan barreras físicas entre ellos.

Este artículo pretende ser una guía de iniciación en el conocimiento de esta nueva forma de trabajo.

INTRODUCCIÓN

Si hacemos un repaso a la evolución tecnológica a lo largo de la Historia, esta puede clasificarse en cuatro grandes etapas:

- **Industria 1.0.** En 1784 tuvo lugar la primera revolución industrial con la aparición de las primeras instalaciones de producción mecánica con la ayuda de agua y vapor. Ese año se instala el primer telar mecánico.
- **Industria 2.0.** La segunda revolución industrial surgió con la división de tareas y la producción en masa con la ayuda de la energía eléctrica. En 1870 aparece la primera línea de producción en cadena en los mataderos de Cincinnati.

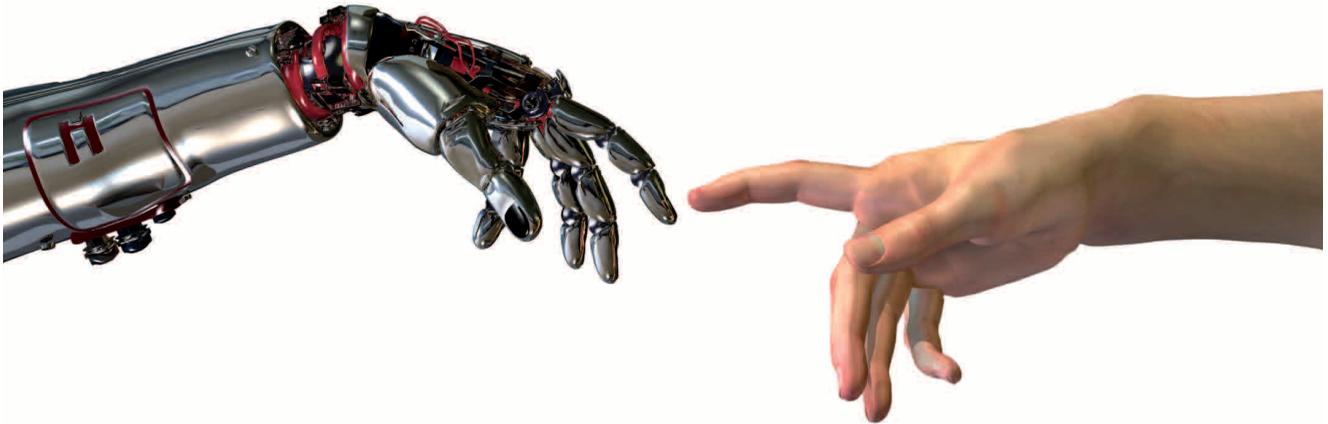
- **Industria 3.0.** La tercera revolución industrial utiliza la electrónica y las tecnologías de la información para lograr una mayor automatización de los procesos. En 1969 se comercializa el primer controlador lógico programable (PLC).

- **Industria 4.0.** Hoy en día estamos inmersos en la cuarta revolución industrial basada en los sistemas ciberfísicos, que consiste en **dotar a los componentes u objetos físicos que nos encontramos de forma habitual en nuestro entorno de trabajo de capacidades de computación y de comunicación para convertirlos en objetos inteligentes.** El dotar de inteligencia a instalaciones y procesos industriales mediante sensores para mejorar el control y la productividad

permite superar a los simples sistemas integrados actuales en cuanto a capacidad, seguridad, escalabilidad, adaptabilidad, resistencia y usabilidad.

Dentro de estas innovaciones, la aplicación de robots a los procesos de producción industrial es uno de los elementos más visibles de la denominada Fabricación Avanzada. Las ventajas de la utilización de robots en los procesos son variadas; por ejemplo: los robots son capaces de realizar tareas que requieren mucha precisión, que son muy repetitivas, que requieren mucho esfuerzo físico o que son ergonómicamente inadecuadas.

La robótica tiene una larga trayectoria en el mundo industrial, pero en la Industria 4.0 hay que hablar de un nuevo con-



cepto de robótica: la robótica colaborativa, en la que robots y personas trabajan mano a mano en un mismo espacio.

En esta nueva forma de trabajar con robots un aspecto básico a tener en cuenta es la necesidad de poner en marcha nuevas medidas de seguridad para preservar la integridad de las personas ante la acción de los robots.

ROBOTS INDUSTRIALES Y ROBOTS INDUSTRIALES COLABORATIVOS

¿Qué es un robot industrial?

Según define la norma UNE-EN ISO 10218-1 «Robots y dispositivos robóticos. Requisitos de seguridad para robots industriales. Parte 1: Robots», un robot industrial es un manipulador controlado automáticamente, reprogramable y multifuncional, programable en tres o más ejes, que puede ser fijo o móvil y que se utiliza en aplicaciones industriales automatizadas.

Desde el punto de vista de su comercialización, según la Directiva 2006/42/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de mayo de 2006, relativa a las máquinas, un robot¹ es una **cuasi máquina**, es decir, es un conjunto que constituye casi una máquina, pero que no puede realizar por sí solo una aplicación determinada. La cuasi máquina está destinada únicamente a ser incorporada a,

¹ Usualmente el robot se comercializa sin herramienta y sin una función determinada.

ensamblada con otras máquinas, u otras cuasi máquinas o equipos, para formar una máquina a la que se aplique la Directiva «Máquinas».

Es importante que esta definición quede clara, ya que un robot NO es una máquina, dado que por sí sólo no realiza ninguna aplicación determinada. Es necesario que, para su utilización, se integre en un conjunto. Por lo tanto, un robot NO dispondrá de «declaración de conformidad» ni de «marcado CE», sino que irá acompañado de una «declaración de incorporación» y de «instrucciones para su montaje».

En apoyo de la Directiva «Máquinas» y para dar presunción de conformidad con la

misma, existen dos normas armonizadas: la ya mencionada UNE-EN ISO 10218-1:2011, que contempla el robot como cuasi máquina (sin herramienta) y que especifica requisitos de seguridad para robots industriales; y la UNE-EN ISO 10218-2:2011 «Robots y dispositivos robóticos. Requisitos de seguridad para robots industriales. Parte 2: Sistemas robot e integración», que especifica requisitos para los sistemas de robots y la integración (de los robots «cuasi máquinas» que cumplen la parte 1 de la norma) como máquina completa.

El concepto de integración es importante cuando hablamos de robots. La norma UNE-EN ISO 10218-2 define la integración como la acción de combinar un



Robots industriales convencionales trabajando en una línea de producción



Guiado manual de un robot colaborativo

robot con otros equipamientos o máquinas (incluyendo robots adicionales) para formar un sistema capaz de desarrollar trabajo útil. Recordemos que el robot por sí solo no puede desarrollar ningún trabajo.

El integrador debe realizar una evaluación de riesgos para la máquina completa que resulte de la integración del robot con otros componentes y, esta sí, debe cumplir los requisitos como máquina de la Directiva «Máquinas» 2006/42/CE. Además, el integrador o, en su defecto, el empresario que pone en marcha por primera vez esa máquina son el fabricante de la máquina resultante y, por lo tanto, deben cumplir con los requisitos a los que están obligados como fabricantes según la Directiva «Máquinas».

En el trabajo con un robot convencional no se produce en ningún momento la interacción persona-robot mientras se trabaja; de hecho, los robots suelen estar aislados para impedir el acceso de personas mientras están funcionando; además, se instalan dispositivos de seguridad adicionales, tales como resguardos móviles asociados a dispositivos de enclavamiento y bloqueo, tapices sensibles, barreras fotoeléctricas, etc. para impedir el acceso a la zona de trabajo del robot mientras este está trabajando.

¿Y un robot industrial colaborativo?

Un **robot colaborativo** se define en la norma UNE-EN ISO 10218-2 como el robot diseñado para interactuar directamente con una persona dentro de un **espacio de trabajo colaborativo**.

El **espacio de trabajo colaborativo** es el espacio de trabajo en el que, durante su funcionamiento, el robot y la persona pueden desarrollar tareas de forma simultánea.

El **funcionamiento en modo colaborativo** supone la generación de nuevos entornos de trabajo donde robots y personas comparten el mismo recinto, para lo cual será necesario disponer de nuevas soluciones de seguridad para que la persona trabaje de forma segura junto a un robot.

Entre la separación física absoluta entre el trabajador y el robot, en el caso del robot convencional, y la unión completa del espacio, en el caso del robot colaborativo, existen situaciones intermedias con diferentes grados de interacción entre el trabajador y el robot que necesitan diferentes soluciones de

seguridad, como veremos a lo largo de este artículo.

Para poder definir los distintos tipos de interacción que se pueden dar entre un robot y una persona, hay que tener en cuenta dos parámetros fundamentales, el **espacio** y el **tiempo**:

- Cuando el robot y la persona utilizan un mismo espacio de trabajo, pero en tiempos diferentes, se dice que existe una relación de **cooperación**.
- Cuando el robot y la persona trabajan al mismo tiempo, pero no comparten el espacio (trabajan en áreas vecinas), se denomina **coexistencia**.
- Cuando el robot y la persona coinciden en espacio y tiempo, es decir, están ocupando el mismo espacio de trabajo al mismo tiempo, se considera una relación **totalmente colaborativa**.

Los expertos en robótica estiman que las aplicaciones 100% colaborativas serán minoritarias, en torno al 1%-2%, y que lo más habitual será la mezcla de operaciones en cierto grado colaborativas con operaciones no colaborativas dentro de los diferentes procesos.

MODOS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS ROBOTS INDUSTRIALES COLABORATIVOS

La norma UNE-EN ISO 10218-2 define, de forma genérica, cuatro modos diferentes de operación colaborativa. Como complemento a la misma, la especificación técnica ISO/TS 15066:2016 dedicada, en particular, a las aplicaciones con robots colaborativos define más concretamente dichos modos de funcionamiento y sus correspondientes medidas de seguridad:



Robot sin protección perimetral

Parada de seguridad controlada

Si no hay nadie en el espacio de trabajo colaborativo, el robot funciona autónomamente. Si una persona entra de forma voluntaria o accidental en el espacio de trabajo colaborativo, el robot se detiene y permanece parado mientras la persona permanezca en el espacio de trabajo, controlándose esta parada con una función de seguridad de una fiabilidad muy elevada.

Dado que la parada de seguridad se produce sin corte de alimentación, el robot continuará su tarea de forma automática cuando la persona salga del espacio de trabajo colaborativo, no siendo necesario un rearme para continuar con la tarea.

Para poder aplicar este modo de operación es necesario que el robot se detenga antes de que el operario pueda entrar en su campo de actuación, para lo cual debe calcularse la correspondiente distancia de seguridad, teniendo en cuenta el tiempo de parada del robot y la velocidad de aproximación del operario. Además, posteriormente el integrador debe verificar la idoneidad de la distancia mínima de seguridad implementada con las necesidades de su aplicación.

Guiado manual

Es una mejora del manipulador clásico, el movimiento del robot sólo se produce mediante una acción directa del operador. El equipo de guiado manual tiene que estar ubicado cerca del robot.

Cuando la persona entra en el espacio de trabajo colaborativo, el robot se detiene y puede moverse si es guiado por la persona; esto implica que la persona puede estar en contacto directo con el robot y, por lo tanto, un fallo de cualquier tipo (eléctrico, de programación, etc.), que provoque un movimiento intempestivo del robot, puede provocar un daño. Por lo tanto, este tipo de operación exige una velocidad reducida de trabajo y el uso de un mando de validación que la persona deberá mantener pulsado en todo momento (mando sensitivo).

El operador debe tener una buena visibilidad de todo el espacio de trabajo colaborativo.

Control de la velocidad y la distancia de separación

En este caso, la persona puede acercarse en todo momento y sin peligro al

robot; la distancia entre la persona y el robot está controlada y la velocidad se adapta oportunamente. Para ello, se requiere un sistema de detección de persona en el espacio colaborativo, además de una función de parada de seguridad controlada.

El movimiento del robot solo se produce cuando la distancia de separación entre el robot y el trabajador es superior a una distancia mínima calculada teniendo en cuenta las velocidades relativas entre el operador y el robot.

Limitación de potencia y/o fuerza por diseño o por la función de mando

La colisión entre el robot y la persona es posible.

Uno de los principios clave de la ISO/TS 15066 es que, si ocurre un contacto accidental entre robots y personas, ese contacto no debe causar dolor o lesión.

En caso de un contacto accidental, el robot solo puede ejercer una fuerza y/o potencia limitada. Además de las funciones de seguridad obligatorias, se deben cumplir determinados requisitos adicio-

nales, tales como el control seguro del par, fuerza, potencia y velocidad.

El Instituto para la Seguridad y la Salud en el Trabajo del Seguro Social Alemán de Accidentes (IFA), en cooperación con la Universidad de Maguncia, ha elaborado un estudio científico para establecer unos valores límites de potencia y/o fuerza que puede recibir el cuerpo de una persona sin causar(le) daño. En el estudio se analizan diferentes partes del cuerpo y la cabeza teniendo en cuenta si el contacto es cuasi estático o transitorio.

El riesgo se reduce limitando la fuerza o potencia que puede ejercer un robot en función de la zona del cuerpo donde se prevea el contacto.

En este caso también se debe tener muy en cuenta la posibilidad de que se produzca un contacto entre el robot y una parte de la persona no prevista si la persona hace un movimiento no esperado.

En relación con este tema, se está trabajando de forma conjunta entre el Comité Europeo de Normalización (CEN) y la Organización Internacional de Normalización (ISO) en una nueva propuesta de norma ISO 21260 relativa a la «Seguridad de las máquinas. Datos

de seguridad mecánicos para contactos físicos entre maquinaria en movimiento y personas».

RIESGOS PREVISIBLES EN EL USO DE ROBOTS COLABORATIVOS

Como conclusión, si bien los fabricantes tienen claro que de una manera u otra sus robots colaborativos deberán ser seguros, podría decirse que los mecanismos o vías para conseguirlo son todavía objeto de debate.

La generación de diferentes riesgos, tales como riesgos mecánicos (aplastamiento, corte, enganche, etc.) debidos a la posible colisión entre robot y persona dentro del espacio de trabajo compartido, riesgos de trastornos musculoesqueléticos debidos a la posible imposición de ritmos de trabajo por parte del robot a la persona y riesgos psicosociales debidos a la presencia continua del robot alrededor de la persona, supone que la solución deba tener un enfoque multidisciplinar que tenga en cuenta no solo los aspectos técnicos, sino también principios ergonómicos y aspectos psicosociales.

Un principio muy claro de prevención es la reducción del riesgo mediante la

aplicación de medidas de diseño inherentemente seguro que incluye la necesidad de seguir los principios ergonómicos. El objetivo de estos principios tiene como finalidad adaptar los equipos de trabajo a las necesidades, posibilidades y límites de la persona, no al revés, por lo que la limitación de la potencia y de la fuerza de contacto pueden no ser medidas suficientes.

¿Son estos límites aplicables y seguros?

Además, como ya se ha comentado, las medidas preventivas no deberían limitarse a la reducción de los riesgos mecánicos, sino también tener en cuenta los riesgos psicosociales; por ejemplo: la carga mental originada por el miedo al contacto con el robot o el estrés causado por un número repetido de contactos entre el robot y la persona. El contacto involuntario durante la colaboración entre una persona y un robot, aunque quizás pueda considerarse físicamente inocuo, puede no ser tolerable bajo ciertas condiciones.

La robótica colaborativa es, sin duda, una oportunidad para mejorar la industria, pero es esencial que todos los aspectos de salud y seguridad se tengan debidamente en cuenta en el diseño de esta nueva forma de trabajo. ●

■ Bibliografía ■

- Directiva 2006/42/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de mayo de 2006, relativa a las máquinas.
- Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas (transposición de la Directiva 2006/42/CE).
- AENOR. Norma UNE-EN ISO 10218-1:2011 «Robots y dispositivos robóticos. Requisitos de seguridad para robots industriales. Parte 1: Robots».
- AENOR. Norma UNE-EN ISO 10218-2:2011 «Robots y dispositivos robóticos. Requisitos de seguridad para robots industriales. Parte 2: Sistemas robot e integración».
- ISO. Especificación técnica ISO/TS 15066:2016 «*Robots and robotic devices – Collaborative robots*» («Robots y dispositivos robóticos – Robots colaborativos»).
- ISO. Borrador de norma ISO/CD 21260:2017 «*Safety of Machinery – Mechanical safety data for physical contacts between moving machinery and people*».
- Direction générale du travail (Francia). *Guide de prévention à destination des fabricants et des utilisateurs pour la mise en oeuvre des applications collaboratives robotisées*. 2017.