

03-041

### IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN INDUSTRIAL COLLABORATIVE ENVIRONMENTS

Otero Mateo, Manuel <sup>(1)</sup>; Pastor Fernández, Andrés <sup>(1)</sup>; Cerezo Narváez, Alberto <sup>(1)</sup>; Castilla Barea, Margarita <sup>(1)</sup>; Bastante Ceca, Maria José <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Universidad de Cádiz, <sup>(2)</sup> Project Management, Innovation and Sustainability Research Centre (PRINS), Universitat Politècnica de València

The European Union admits that Artificial Intelligence (AI) is a strategic technology that offers numerous advantages to citizens, businesses and society as a whole. Ambient computing is already integrated in our personal ecosystem through personal assistants, with a reactive attitude, we ask, ask and order, and AI through hardware, tries to meet our demands. In the industrial sector, with the emergence of industrial robots, AI began to take its steps, making decisions based on sensors and programmed orders, which allowed humans to avoid having to perform repetitive tasks or potentially dangerous to health. This vision has evolved, now we talk about collaborative robots or cobots, robots with an AI that allows them to act in a proactive way, analyzing the work environment and take action (with a certain degree of autonomy), in order to achieve specific objectives. This article aims to establish a framework for reflection on the impact of AI in collaborative environments, decision making, the ethical limits of the use of AI and and achieve safe environments in terms of occupational risk prevention in the industrial sector.

*Keywords:* artificial intelligence; collaborative environments; occupational hazards; decision making

### IMPACTO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN ENTORNOS COLABORATIVOS INDUSTRIALES

La Unión Europea admite que la Inteligencia Artificial (IA) es una tecnología estratégica que ofrece numerosas ventajas a los ciudadanos, las empresas y la sociedad en su conjunto. La informática ambiental se encuentra ya integrada en nuestro ecosistema personal a través de asistentes personales, con una actitud reactiva, nosotros pedimos, preguntamos y ordenamos, y la IA a través del hardware, intenta atender nuestras demandas. En el sector industrial, con la aparición de los robots industriales, la IA comenzó a dar sus pasos, la toma de decisiones basada en sensores y órdenes programadas, que permitían al ser humano no tener que realizar tareas repetitivas o potencialmente peligrosas para la salud. Esta visión ha evolucionado, ahora hablamos de robots colaborativos o cobots, robots con una IA que permite actuar de una forma proactiva, analizando el entorno laboral y pasar a la acción (con cierto grado de autonomía), con el fin de alcanzar objetivos específicos. El presente artículo pretende establecer un marco de reflexión sobre el impacto de la IA en entornos colaborativos, la toma de decisiones, los límites éticos del uso de la IA y alcanzar entornos seguros en materia de prevención de riesgos laborales dentro del sector industrial.

*Palabras clave:* inteligencia artificial; entornos colaborativos; riesgos laborales; toma de decisiones

Agradecimientos: Al Departamento de Ingeniería Mecánica y Diseño Industrial de la Escuela Superior de Ingeniería de Cádiz y al Grupo de Investigación TEP955-Ingeniería y Tecnología para la Prevención de Riesgos Laborales (INTELPREV), de la Universidad de Cádiz.



© 2023 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## 1. Introducción

Según la Real Academia Española, la Inteligencia Artificial es la disciplina científica que se ocupa de crear programas informáticos que ejecutan operaciones comparables a las que realiza la mente humana, como el aprendizaje o el razonamiento lógico. Tal como indica Otero-Mateo, et al. (2022), la combinación de tecnologías, la capacidad de procesamiento de datos, los nuevos algoritmos y métodos de aprendizaje automático, están cambiando las reglas del juego en la programación.

La Inteligencia Artificial (IA) y los robots colaborativos (Cobots) son dos tecnologías emergentes que están transformando los procesos industriales y su gestión (Lee & Cho, 2022). La IA se refiere a la capacidad de las máquinas para aprender de la experiencia y realizar tareas que anteriormente solo podían ser realizadas por seres humanos, como el reconocimiento de imágenes y voz, la toma de decisiones, el procesamiento de lenguaje natural y la automatización de procesos. Los Cobots, por su parte, son robots diseñados para trabajar en colaboración cercana con los humanos, compartiendo el mismo espacio de trabajo y realizando tareas que complementan las habilidades y conocimientos de los trabajadores.

La incorporación de tecnologías emergentes, como por ejemplo los sistemas de visión y detección, permite a los Cobots reconocer objetos y personas en su entorno, facilitando la realización de tareas más complejas, con mayor precisión y seguridad (Gong et al., 2019).

La siguiente evolución tecnológica ha sido la combinación de IA-Cobots, dando lugar a una nueva generación de robots industriales más avanzados, que son capaces de aprender de la experiencia y adaptarse a diferentes situaciones. Son los denominados Tri-Co Robot, que significa Robots Coexistentes-Cooperativos-Cognitivos, mejorando por tanto la capacidad del robot para interactuar con los humanos, el entorno y otros robots similares (Ding, 2023).

Esta combinación está permitiendo la optimización de los procesos de producción, la resolución de problemas complejos y la reducción de los tiempos de respuesta en las operaciones industriales. Además, se ha demostrado que los Tri-Co robots pueden mejorar la seguridad laboral al reducir la exposición de los trabajadores a tareas peligrosas y reducir los riesgos de accidentes (Sanz, 2018).

Desde el punto de vista tecnológico, también hay un desafío relacionado con la interacción social, necesario para abordar las posibles barreras regulatorias, éticas y legales de la Inteligencia Artificial (EFE, 2023; Otero-Mateo et al, 2022). Optimizar la autonomía en entornos inciertos y cambiantes, o cuando hay una falta de muestras concretas para el aprendizaje, es una necesidad para una correcta toma de decisiones por parte de los Cobots (o Tri-Co Robots, si incorporan IA).

El presente artículo pretende establecer un marco de reflexión sobre el impacto de la IA en entornos colaborativos, la toma de decisiones, los límites éticos del uso de la IA y su aplicación en el sector industrial.

## 2. Evolución de los sistemas de información en las organizaciones

En el sector industrial, la informática empezó a tener presencia a través del nivel más cercano a la máquina, los procesos de automatización. Redes de comunicaciones tradicionales cableadas, con el principal objetivo de monitorizar los sistemas productivos, para proporcionar datos a un panel de mando y con una capacidad de procesamiento muy limitada. Estábamos hablando en ese momento de la 3<sup>o</sup> revolución industrial, comúnmente conocida como la “edad de la información”, surgida a mediados del S.XX y que incluye una gran variedad de

descubrimientos científicos, propiciando la transformación digital en la industria y un gran aumento de la productividad (Saniee et al., 2017).

A finales de los años 1980, en ese momento incipiente, donde los PCs estaban comenzando a llegar a los hogares y el entorno operativo Windows acababa de iniciar su andadura (20 de noviembre de 1985), nos encontramos a nivel industrial, con la implantación de las primeras versiones de PLC's (Programmable logic controller), tal como muestra la Figura 1, donde por medio de un terminal, se accedía vía serie a las direcciones de memoria internas de los PLC's, permitiendo la monitorización de las entradas/salidas digitales.

**Figura 1: Autómatas programables Siemens**



Estábamos en la transición de la lógica cableada a una lógica tradicional, con lenguajes sencillos, a través de cuadros de álgebra booleana, esquemas de contactos o Ladder que representaban el esquema eléctrico de forma visual o un lenguaje de programación en texto orientado a la máquina, ejemplos que se pueden ver en la Figura 2.

**Figura 2: Lenguajes de programación**

Esquema Eléctrico	STL/AWL	FBD/FUP	LAD/KOP
	<pre>A I 0.0 ANI 0.1 = Q 4.5</pre>		

La implementación de las tecnologías de la información y la comunicación (TICs) en le industria, permitió la producción automatizada y los primeros paneles de mando para los sistemas de gestión empresarial. Tal como indica Carmona-Fernández et al. (2019), el gran beneficio de dicha digitalización fue precisamente poder renovar los procesos productivos al disponer de una mayor información y permitiendo una respuesta más rápida a los cambios de la demanda.

Una de las líneas de investigación con mayor desarrollo desde la tercera revolución industrial han sido los Sistemas de Información (SI), tal como indican Lyttinen y Hirschheim (1987), en la búsqueda del éxito por parte de las organizaciones, optimizando los recursos, analizando los costes y riesgos potenciales del caso de negocio. Los ERPs (Enterprise Resource

Planning) han sido la piedra angular. Desde entonces, los principales SI que han surgido son los indicados a continuación:

#### ERP - Enterprise Resource Planning (Markus et al., 2000)

- La integración del sistema ERP con el hardware, bases de datos ofimáticas y red empresarial, definición de permisos y protocolos de seguridad.
- Interconexión con los procesos industriales, con la necesidad de incorporar interfaces específicos o sistemas heredados con funciones especializadas.
- Limitación en la utilidad de los informes generados, centrados en el procesamiento de pedidos, no llega a apoyar en la toma de decisiones.
- Gran variedad de software ERPs comerciales, con la necesidad de un análisis exhaustivo de los requerimientos necesarios por parte de la organización.
- Necesidad de generar y mantener el conocimiento organizacional en el desarrollo y uso de los sistemas ERPs.

#### PLM - Product Lifecycle Management (Stark, 2005)

- Potenciar la implicación del personal, demostrando la relación entre el PLM y la estrategia comercial de la organización.
- Mostrar las ventajas de la funcionalidad del PLM a sus usuarios, analizando con detalle si es factible su implementación, así como las distintas etapas a realizar.
- Los sistemas PLM son multidimensionales, dependiendo del usuarios (CEO, Engineers, Business planners, Functional managers, workers, ...), los datos a visualizar y gestionar, son distintos.
- Definir correctamente su alcance, puesto que la gestión e interconectividad de los datos debe de ser mantenida por personal técnico, aumentando la complejidad.
- Diseñar correctamente los sistemas PDM (Product Data Management), ya que constituyen uno de los componentes más importantes en un sistema PLM, sirviendo de soporte para su desarrollo.

#### MES - Manufacturing Execution System (Shojaeinasab, 2022)

- Definición técnica apropiada de los sistemas MES, al ser el interface entre los sistemas ERPs con las operaciones en tiempo real de las plantas industriales, los sistemas de control y adquisición de datos (SCADA), control distribuido (DCS) y los controladores lógicos programables (PLC).
- Definir correctamente su alcance, puesto que sus principales funcionalidades son la adquisición de datos, tratamiento, asignación de recursos, control de la producción y gestión del mantenimiento de equipos y máquinas herramientas.
- Establecer con detalle los Key Performance Indicators (KPIs) necesarios para que la compañía pueda supervisar y controlar los tiempos de entrega, costes, calidad, así como datos principales del sistema productivo que permitan mejorar la eficiencia.

En este sentido, la integración de los sistemas ERP, PLM y MES son un factor a tener en cuenta en el establecimiento de estos canales de comunicación, tanto a nivel de la empresa del sector industrial, como externamente a ella, como la gestión con los proveedores (SRM) y los clientes (CRM), que unido a los SCM (Supply Chain Management), pueden minimizar los

retrasos en la cadena de suministro y, en consecuencia, una pérdida de ventaja competitiva a favor de otros competidores, mostrado en la Figura 3 (Kupilas et al., 2019).

**Figura 3: Integración de los Sistemas de Gestión Empresarial**



Centrándonos en los Sistemas de Gestión Empresarial de tercer nivel, más cercado al usuario, se pueden destacar las características y ventajas incluidas en las Tabla 1.

**Tabla 1. Sistemas de Gestión Empresaria: Características y destinatario**

Sistema	Características	Destinatario	Ventajas
<b>ERP</b>	Integración de procesos empresariales, automatización de tareas, gestión de recursos y operaciones.	Empresas que buscan una gestión eficiente de los recursos empresariales y una integración de procesos.	Mayor eficiencia en la gestión de los recursos empresariales, mayor visibilidad de los procesos, mejora de la productividad y la toma de decisiones.
<b>SCM</b>	Gestión de la cadena de suministro, control de inventarios, planificación de la producción, logística.	Empresas que gestionan procesos de producción y distribución de bienes y servicios.	Reducción de costos, mejora de la eficiencia, mejora de la calidad, mayor control y visibilidad de los procesos.
<b>CRM</b>	Gestión de la relación con el cliente, seguimiento de clientes potenciales, gestión de ventas y marketing, análisis de datos.	Empresas que venden productos o servicios a los clientes finales.	Mejora de la satisfacción y fidelidad del cliente, aumento de las ventas, mejor conocimiento del cliente, análisis de datos para la toma de decisiones.
<b>SRM</b>	Gestión de la relación con los proveedores, selección y evaluación de proveedores, seguimiento y gestión de contratos, gestión de riesgos.	Empresas que dependen de proveedores para la producción y distribución de bienes y servicios.	Mejora en la calidad y eficiencia de los procesos, reducción de costos, mejor gestión de los riesgos, mejor relación con los proveedores.

Pero no todo son ventajas, hay inconvenientes detectados por varios autores, que coinciden en los costes de implementación y de mantenimiento, la complejidad en la personalización y la necesidad de contar con personal capacitado y partes interesadas externas que vean la utilidad de utilizar dichos sistemas, tanto clientes como proveedores (Chopra & Meindl, 2021; Nagai, 2005; Wagner, Eggert & Lindemann, 2010; Wanchai, 2019).

### **3. Impacto de la IA en los entornos empresariales**

En la actualidad, la inteligencia artificial (IA) está transformando la forma en que las empresas gestionan sus operaciones y sus procesos de toma de decisiones. Los sistemas de gestión empresarial (ERP) se benefician de la IA en áreas como la optimización de la cadena de suministro, la automatización de procesos y la gestión de datos empresariales.

Se espera que la IA sea una de las principales tecnologías que cambien el panorama empresarial en los próximos años, ya que podría aportar hasta 15,7 trillones de dólares al PIB mundial en 2030 y generar un aumento del 55% en la productividad laboral. La incorporación de la IA en la automatización de procesos, incluyendo el uso de robots colaborativos y de vehículos autónomos, podría aumentar las ventas, facilitando la personalización de productos que cubran las necesidades específicas del consumidor, según el informe de PwC (2017).

La optimización de la cadena de suministro es uno de los usos más prometedores de la IA en los ERP. La IA puede analizar grandes cantidades de datos en tiempo real, lo que permite a las empresas adaptarse rápidamente a las fluctuaciones de la demanda y tomar decisiones más precisas sobre la gestión de inventarios y la planificación de la producción (Toorajipour et al., 2021).

Además, la IA también puede ayudar en la automatización de procesos empresariales, como el procesamiento de facturas y el análisis de datos financieros. Los sistemas de IA pueden aprender a identificar patrones y anomalías en los datos financieros, lo que puede facilitar la detección de fraudes y mejorar la precisión del pronóstico financiero, aunque siempre bajo la supervisión humana para su validación final (Doshi, Kotak & Sahitya, 2020).

La capacidad predictiva y la adaptabilidad son dos características importantes de la inteligencia artificial (IA) y que permiten vislumbrar la revolución de dicha herramienta y que influyen en el resultado obtenido:

- La capacidad predictiva se refiere a la capacidad de la IA para hacer predicciones precisas sobre eventos futuros en función de los datos históricos y las tendencias. Las técnicas de aprendizaje automático incluyen el aprendizaje supervisado, no supervisado y por refuerzo, y se utilizan en una variedad de aplicaciones, como la predicción de ventas, el análisis de riesgos y la detección de fraudes. En general, la capacidad predictiva de la IA se mejora a medida que se aumenta la cantidad y calidad de los datos de entrenamiento y se ajustan los parámetros del modelo.
- La adaptabilidad se refiere a la capacidad de la IA para ajustar y mejorar su rendimiento en función de nuevos datos y situaciones. La adaptabilidad de la IA se logra a través de técnicas de aprendizaje continuo, donde la máquina sigue aprendiendo y mejorando su rendimiento a medida que se le proporcionan nuevos datos y situaciones. El aprendizaje continuo puede ser supervisado o no supervisado y se utiliza en aplicaciones que requieren una adaptación rápida a los cambios en el entorno o en los datos. La

adaptabilidad también se mejora a medida que se aumenta la cantidad y calidad de los datos y se ajustan los parámetros del modelo.

La primera evolución de la IA se ha producido por la evolución de la programación tradicional, descrita anteriormente en el apartado 2, a las máquinas de aprendizaje automático de programación generativa, tal como se muestra a continuación:

#### Programación Tradicional

- Se basa en reglas programadas manualmente.
- Requiere que los programadores tengan conocimiento profundo del dominio y diseñen las reglas de manera explícita.
- Puede tener dificultades para abordar problemas complejos y situaciones imprevistas.
- No es tan escalable como las máquinas de aprendizaje automático.
- No requiere grandes conjuntos de datos para su entrenamiento
- Es más fácil de interpretar y explicar los resultados.
- Requiere más trabajo manual para el desarrollo de reglas y mantenimiento.

#### Máquinas de Aprendizaje Automático

- Se basa en datos y algoritmos de aprendizaje.
- No se requiere un conocimiento profundo del dominio, el modelo de aprendizaje puede aprender automáticamente a partir de los datos.
- Puede ser más efectivo para abordar problemas complejos y situaciones imprevistas debido a su capacidad de adaptarse a nuevos datos y aprender patrones no obvios.
- Es altamente escalable y puede manejar grandes conjuntos de datos.
- Requiere grandes conjuntos de datos para el entrenamiento, y el proceso de entrenamiento puede ser computacionalmente costoso.
- Los resultados pueden ser menos interpretativos y más difíciles de explicar debido a la complejidad del modelo.
- Requiere menos trabajo manual para el desarrollo de reglas y mantenimiento una vez que se entrena el modelo.

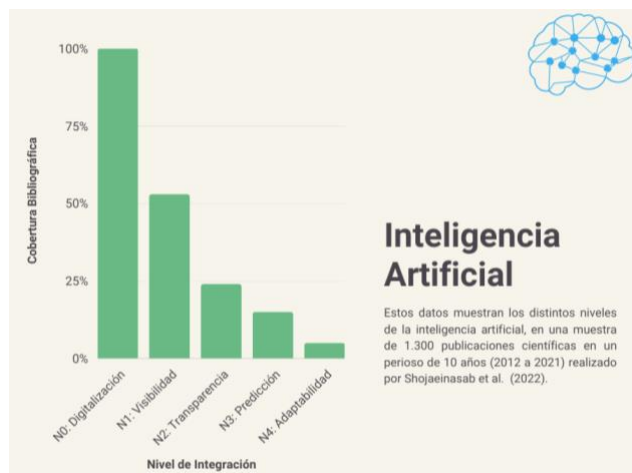
Por tanto, la programación tradicional se basa en reglas explícitas programadas manualmente, lo que la hace menos escalable y más difícil de manejar situaciones imprevistas y problemas complejos, al contrario que la adaptación que permite las máquinas de aprendizaje automático.

Los niveles de inteligencia también han sido descritos por Shojaeinasab et al. (2022), en la revisión del estado del arte realizada, con una muestra inicial de 1300 publicaciones, representados en la Figura 4, exponiendo la tendencia actual de la investigación en IA.

Pero no todos son ventajas, ya que las máquinas de aprendizaje automático se basan en datos y algoritmos de aprendizaje, lo que les permite adaptarse a nuevos datos y aprender patrones no obvios. Sin embargo, requieren grandes conjuntos de datos para el entrenamiento y el modelo resultante puede ser menos interpretable que la programación tradicional. Disponer de datos de calidad o la aparición de eventos sin precedentes en el patrón para la toma de decisiones, puede provocar decisiones incorrectas. Por esta razón hay que equilibrar

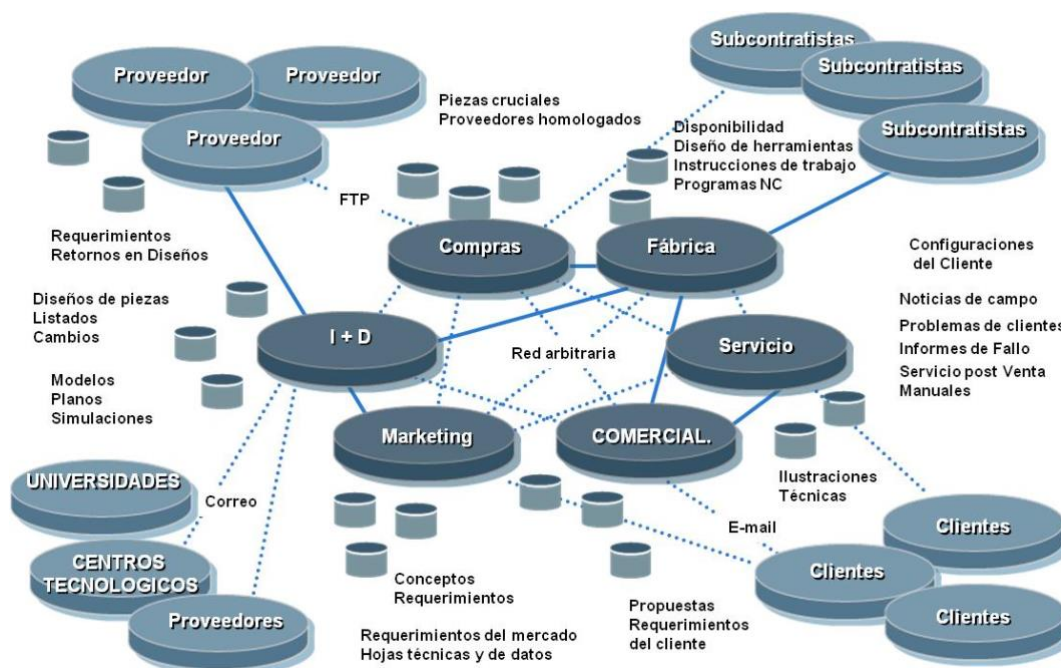
la toma de decisiones automatizada con la toma de decisiones por parte del responsable de la organización (Agrawal, Gans & Goldfarb, 2018; Lansiti & Lakhani, 2020).

**Figura 4: Porcentaje de literatura que cubre los nivel de inteligencia (adaptado de la figura de Shojaeinasab et al., 2022)**



#### 4. Sistema de gestión logística y los robots colaborativos

Se puede expresar la cadena logística integral como un flujo continuo de información y necesidades a través de los diferentes departamentos, proveedores, clientes y centros de investigación, entre otros. En la Figura 5, se representan estas relaciones con el objetivo de eliminar los desperdicios y dar un mayor valor añadido mediante el control total a través de la integración, desde los requerimientos, pasando por el diseño, fabricación hasta la entrega al cliente final.



**Figura 5: Flujo logístico integral**



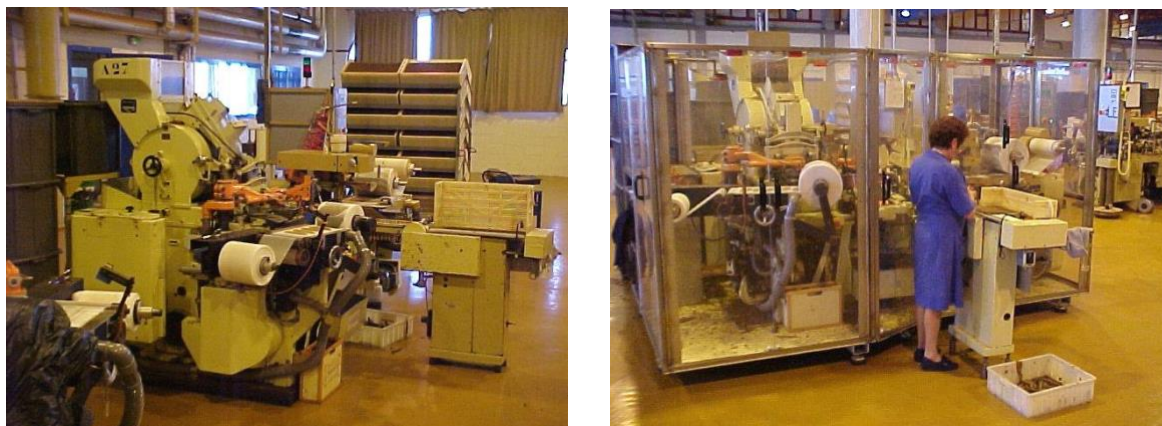
En esta red de interconexiones, la integración de la cadena a través de los sistemas de gestión empresarial anteriormente descritos, ayudan en la toma de decisiones, siendo un método que agiliza la integración y actualización de la información, de manera que permite obtener cuadros de mando a nivel de agregación correspondiente al nivel jerárquico, tal como se ha mostrado en la Figura 3.

En el ámbito de la logística, los robots colaborativos pueden ser una herramienta muy útil para mejorar la eficiencia y reducir los costes. Tal como indica Borboni et al. (2023), pueden ser utilizados en la preparación de pedidos, en la carga y descarga de mercancías, en el transporte interno de materiales, en el etiquetado de productos, así como otras tareas repetitivas o con riesgo ergonómico para los trabajadores. Los robots colaborativos son especialmente útiles en aquellas operaciones logísticas que requieren una gran precisión y repetitividad, ya que pueden trabajar sin cansarse ni cometer errores, por lo que su implantación en procesos de calidad o de precisión, son cada vez más demandados.

Aunque los robots colaborativos también pueden ser utilizados para mejorar la seguridad laboral en el sector industrial, al poder realizar tareas peligrosas o que requieren un gran esfuerzo físico, sin poner en riesgo la salud de los trabajadores. La complejidad desde la perspectiva de la prevención de riesgos laborales es más compleja.

La industria 3.0 con la automatización de procesos y la programación tradicional, podía garantizar la minimización de riesgos, como por ejemplo el robot representado en la Figura 6, donde si se establecen barreras de seguridad industriales o recintos confinados donde es necesario garantizar la ausencia del trabajador para energizar la maquinaria, y por tanto eliminar la exposición a riesgos potenciales. La industria 3.0 predominaban los robots con anclaje al suelo (sin desplazamiento por el recinto de trabajo) y que se encontraban debidamente protegidos en recintos cerrados, fuera del alcance del trabajador.

**Figura 6: Robot industrial empresa COMAS (2023)**



Los robots colaborativos, con la implantación de la industria 4.0, han salido de dichos espacios confinados y realizan las operaciones más cerca del ser humano. A medida que aumenta el nivel de automatización, los riesgos laborales aumentan, esa es justa la definición de espacio de trabajo colaborativo, un espacio donde el robot y la persona pueden desarrollar tareas de forma simultánea, donde las barreras físicas han sido eliminadas para mejorar la eficiencia.

La norma IEC-61508 (2010), por ejemplo, es un estándar internacional de seguridad funcional para sistemas eléctricos, electrónicos y electrónicos programables utilizados en el sector industrial. Esta norma establece requisitos y recomendaciones para el diseño, la implementación, la verificación, la validación y el mantenimiento de dichos sistemas, entre los que se encuentran los robots colaborativos, en función de su nivel de seguridad.

Para garantizar la seguridad de los robots colaborativos, la norma IEC-61508 (2010) o la ISO 10218-1 (2011), establecen requisitos específicos para la seguridad funcional de los Cobots o Tri-Co Robots. Estos requisitos incluyen la identificación de los peligros asociados con el uso del robot, la evaluación del riesgo, la implementación de medidas de seguridad para reducir el riesgo, la verificación y validación de la seguridad funcional, y el mantenimiento adecuado, por lo que, aunque esté soportada su programación en programas adaptativos, obligatoriamente deben de tener una parte de su programación tradicional y verificada para poder cumplir con el estándar.

Es importante destacar que la seguridad funcional de un robot colaborativo depende de la interacción entre el robot y el ser humano, y no solo del diseño/fabricación del robot. Por lo tanto, es fundamental que los usuarios de los robots colaborativos reciban una formación adecuada sobre su uso seguro y que se implementen medidas de seguridad adicionales, como el uso de sensores y barreras de seguridad, si fuera posible, ya que estamos hablando de entornos colaborativos donde quizás las barreras de seguridad no se puedan implementar.

Tal como indica también Martín (2021), la automatización y la robotización avanzada en los entornos industriales pueden afectar a la salud de los trabajadores, incrementando la presencia de factores de riesgo como mayores demandas cognitivas y percepción de menor control sobre el trabajo, entre otras. Por lo tanto, hay factores de seguridad y salud relacionados con el entorno y el diseño de la máquina (robot colaborativo) y otros relacionado con los trabajadores que se encuentran en dicho espacio compartido.

## 5. Reflexión

El documento proporciona una visión general sobre el impacto de la Inteligencia Artificial (IA) en entornos colaborativos, la toma de decisiones, los límites éticos del uso de la IA y su aplicación en el sector industrial.

Tal como hemos visto, la IA y los robots colaborativos (Cobots) son dos tecnologías emergentes que están transformando los procesos industriales y su gestión. La IA se refiere a la capacidad de las máquinas para aprender de la experiencia y realizar tareas que anteriormente solo podían ser realizadas por seres humanos, como el reconocimiento de imágenes y voz, la toma de decisiones, el procesamiento de lenguaje natural y la automatización de procesos. La incorporación de tecnologías emergentes, como los sistemas de visión y detección, permite a los Cobots reconocer objetos y personas en su entorno, facilitando la realización de tareas más complejas con mayor precisión y seguridad.

La siguiente evolución tecnológica ha sido la combinación de IA-Cobots, objeto de este documento, dando lugar a una nueva generación de robots industriales más avanzados, capaces de aprender de la experiencia y adaptarse a diferentes situaciones. Son los denominados Tri-Co Robot, que significa Robots Coexistentes-Cooperativos-Cognitivos. Sin embargo, también se ha planteado un desafío relacionado con la interacción social, necesario para abordar las posibles barreras regulatorias, éticas y legales de la Inteligencia Artificial en los próximos años, y en los que la Unión Europea ha comenzado a desarrollar. Optimizar la toma de decisiones en entornos inciertos y cambiantes o cuando hay una falta de muestras concretas para el aprendizaje, es una necesidad para una correcta toma de decisiones por parte de los Cobots o Tri-Co Robots si incorporan la IA, abandonando la programación tradicional.

## 6. Conclusiones

La seguridad industrial es una disciplina que se ocupa de identificar, evaluar y controlar los riesgos asociados a las operaciones industriales, con el objetivo de prevenir accidentes y enfermedades profesionales. En el caso de los robots colaborativos, la seguridad industrial

debe abordar tanto los riesgos asociados a su funcionamiento, incorporando tecnología emergentes como sistemas de visión artificial y detección para el reconocimiento de personas y su entorno, así como los riesgos asociados a la interacción con los trabajadores humanos, incluyendo la disciplina de ergonomía y psicología aplicada.

Es esencial tener una visión holística en relación a la robótica colaborativa, encontrándonos con una oportunidad para avanzar en el sector industrial, siendo imprescindible que se garanticen entornos seguros, ya que deben ser aspectos intrínsecos en el diseño de estas nuevas formas de trabajo, tal como afirma Sanz (2018).

Entre las medidas que se deben de tomar para garantizar la seguridad industrial de los robots colaborativos, se pueden incluir las siguientes:

- Evaluación de riesgos: Antes de poner en incorporar a un sistema industrial robots colaborativos, se debe realizar una evaluación de riesgos que identifique los peligros asociados a su funcionamiento y la interacción con los trabajadores humanos.
- Diseño seguro: Los robots colaborativos deben estar diseñados de manera que minimicen los riesgos para los trabajadores humanos, por ejemplo, mediante la incorporación de sensores de seguridad que detecten la presencia de personas en su entorno, visión artificial, así como la verificación que se cumplen estándares internacionales, como la IEC-61508 o la ISO 12218-1.
- Análisis del impacto sobre el trabajador: Los robots colaborativos existirán en un espacio compartido con el trabajador, donde las barreras físicas han desaparecido y por tanto dicho trabajador puede verse amenazado o con miedos irracionales sobre su futuro profesional, que deben ser también analizados y gestionados para adaptar el puesto de trabajo.
- Formación: Los trabajadores humanos que trabajen con robots colaborativos, deben recibir una formación adecuada sobre su funcionamiento y los riesgos asociados a su uso. No solamente desde la especialidad preventiva de seguridad en el trabajo, sino global, incorporando el análisis de riesgo en el entorno de trabajo y factores ergonómicos y psicosociales.
- Plan de emergencia: Se debe elaborar un plan de emergencia que contemple los procedimientos a seguir en caso de accidentes o situaciones de riesgo, incorporando las actuaciones relacionadas con la maquinaria, incluyendo los robots colaborativos.
- Mantenimiento: Es importante que se realice un mantenimiento periódico de los robots para garantizar su buen funcionamiento y minimizar los riesgos asociados a su uso.

## 7. Bibliografía

- Agrawal, A., Gans, J., & Galdfarb, A. (2018). *Prediction Machines: The Simple Economics of Artificial Intelligence*. Massachusetts: EEUU: Harvard Business Review Press.
- Borboni, A., Reddy, K.W., Elamvazuthi, I., AL-Quraishi, M.S., Natarajan, E., & Ali, S.S.A. (2023). The Expanding Role of Artificial Intelligence in Collaborative Robots for Industrial Applications: A Systematic Review of Recent Works. *Machines*, 11(1), 111.
- Carmona-Fernández, D., Rodríguez-Méndez, D., Rivas-Navazo, F., & Cambero-Rivero, S. (2019). Industria 4.0 vs. Dirección y Gestión de Proyectos: la importancia de las cuatro huellas. En M. Zahera-Pérez (Ed.), *Industria 4.0 y la Dirección e Ingeniería de Proyectos*, (pp. 12-65). Cádiz: Editorial UCA, Valencia: Asociación Española de Dirección e Ingeniería de Proyectos.

- Chopra, S., & Meindl, P. (2021). *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*. Londres: Pearson Education
- COMAS. (2023). Obtenido el 10 de abril de 2023, desde <https://www.comasitaly.com/en>
- Ding, H. (2023). Preface to special topic on Tri-Co Robots. *National Science Review*, 10(5).
- Doshi, P., Kotak, Y., & Sahitya, A. (2020). Automated Invoice Processing System Along with Chatbot. *International Journal of Research in Engineering, Science and Management*, 3(5), 29-31.
- EFE. (2023, Marzo 31). Italia bloquea el uso de ChatGPT por no respetar la legislación de datos. *Noticias EFE*. Obtenido de <https://efe.com>
- Gong, L., Li, X., Xu, W., Chen, B., Zhao, Z, Huang, Y., & Lui, Ch. (2019). Naturally teaching a humanoid Tri-Co robot in a real-time scenario using first person view. *Science China Information Sciences*, 62, 50205.
- International Electrotechnic Commission (IEC) (2010). IEC 61508: Seguridad funcional de los sistemas eléctricos/electrónicos/electrónicos programables relacionados con la seguridad. Obtenido de <https://webstore.iec.ch/publication/22273>
- International Organization for Standardization (ISO) (2011). ISO 10218-1: Robots y dispositivos robóticos. Requisitos de seguridad para robots industriales. Obtenido de <https://www.iso.org/standard/51330.html>
- Kupilas, K.J., Rodríguez-Montequín, V., Villanueva-Balsera, J., & Álvarez-Pérez, C. (2019). Industry 4.0 and Digital Maturity. En M. Zahera-Pérez (Ed.), *Industria 4.0 y la Dirección e Ingeniería de Proyectos*, (pp. 66-102). Cádiz: Editorial UCA, Valencia: Asociación Española de Dirección e Ingeniería de Proyectos.
- Lansiti, M., & Lakhani, K. R. (2020). *Competing in the Age of AI: Strategy and Leadership When Algorithms and Networks Run the World*. Massachusetts: EEUU: Harvard Business Review Press.
- Lee, S.J., & Cho, H.J. (2022). South Korean Smart Manufacturing Strategy. *2022 IEEE/ACIS 7th International Conference on Big Data, Cloud Computing, and Data Science (BCD)* (pp. 199-202). Danang: IEEE
- Lyytinen, K., & Hirschheim, R. (1987) Information systems failures – a survey and classification of the empirical literature. *Information Technology*, 4, 257-309.
- Markus, M., Axline, S., Petrie, D., & Tanis, C. (2000). Learning from adopters' experiences with ERP: problems encountered and success achieved. *Journal of Information Technology*, 15, 245–265.
- Martín, J. (2021). Factores de riesgo psicosocial en la “Industria 4.0” y en las nuevas formas de organización del trabajo. *Seguridad y Salud en el Trabajo*, 107, 31-41.
- Nagai, E. (2005). Customer relationship management research (1992-2002) An academic literature review and classification. *Marketing Intelligence & Planning*, 23(6), 582-605.
- Otero-Mateo, M., Cerezo-Narváez, A., Pastor-Fernández, A., Ballesteros-Pérez, P., & Castilla-Barea, M. (2022). *La inteligencia artificial y la dirección de proyectos. Análisis prospectivo en la toma de decisiones*. 26<sup>th</sup> International Congress on Project Management and Engineering (pp. 33-45). Terrasa: Asociación Española de Dirección e Ingeniería de Proyectos.
- PwC (2017). *Sizing the prize What's the real value of AI for your business and how can you capitalise?* Obtenido el 12 de abril de 2023, de PwC España: <https://www.pwc.es/es/publicaciones/tecnologia/assets/ai-analysis-sizing-the-prize.pdf>
- Sanjeev, I., Kamat, S., Prakash, S., & Weldon, M. (2007). Will productivity growth return in the new digital era? An analysis of the potential impact on productivity of the fourth industrial revolution. *Bell Labs Technical Journal*, 22, 2-18.
- Sanz, J. (2018). Robots industriales colaborativos: una nueva forma de trabajo. *Seguridad y Salud en el Trabajo*, 95, 6-10.

- Shojaeinasab, A., Charter, T., Jalayer, M., Khadivi, M., Ogunfowora, O., Raiyani, N., Yaghoubi, M., & Najjaran, N. (2022). Intelligent manufacturing execution systems: A systematic review. *Journal of Manufacturing Systems*, 62, 503-522.
- Stark, J. (2005). *Product lifecycle management : 21st century paradigm for product realisation*. London: Springer.
- Toorajipour, R., Sohrabpour, V., Nazarpour, A., Oghazi, P., & Fischl, M. (2021). Artificial intelligence in supply chain management: A systematic literature review. *Journal of Business Research*, 122, 502-217.
- Wanchai, P. (2019). An Integrated Approach to Performance Evaluation of Enterprise Resource Planning (ERP) System Implementation. *Journal of Electronic Commerce in Organizations*, 17(3), 1-15.
- Wagner, S. M., Eggert, A., & Lindemann, E. (2010). Creating and appropriating value in collaborative relationships. *Journal of Business Research*, 63(8), 840-848.

### Comunicación alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

