

Estudio exploratorio de robots colaborativos: últimas tendencias

María Ayelén Zanitti

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires, Av. Medrano 951, (C1179AAQ), Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

mzanitti@frba.utn.edu.ar

Recibido el 19 de diciembre de 2022, aprobado el 13 de enero de 2023

Resumen

El objetivo de esta investigación es resaltar los aspectos claves, ventajas y limitaciones, así también como los diferentes tipos de uso de la tecnología denominada “robots colaborativos” o los comúnmente denominados “cobots”. Finalmente, se exponen los indicadores organizativos que son los que definirán si una organización o industria argentina puede o no adaptarse a la incorporación de esta nueva tecnología.

PALABRAS CLAVE: ROBOTS COLABORATIVOS - COBOTS - APLICACIONES INDUSTRIALES - ERGONOMÍA - ROBÓTICA INDUSTRIAL

Abstract

The objective of this research is to highlight the key aspects, advantages and limitations, as well as the different types of use of the technology called "collaborative robots" or commonly called "cobots". Finally, the organizational indicators that will be the ones that will define whether or not an Argentinian organization or industry can adapt to the incorporation of this new technology will be exposed.

KEYWORDS: COLLABORATIVE ROBOTS - COBOTS - INDUSTRIAL APPLICATIONS - ERGONOMICS - INDUSTRIAL ROBOTICS

Introducción

“Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) apuntan a promover el crecimiento económico sostenible mediante el logro de empleo a través de la innovación tecnológica” menciona Grandys Frieska Prassida (2021). Por tal motivo, la mayoría de los países posiciona a la fabricación de tecnología avanzada como motor esencial de su crecimiento económico para poder adaptarse a los cambios de la nueva revolución industrial (Industria 5.0), que propone sinergias entre las relaciones de los sistemas tecnológicos y los sociales para ofrecer una personalización masiva de productos y servicios. Esta nueva era industrial está determinada por una evolución sociotécnica del rol humano en los sistemas de fabricación, en la que todas las actividades operativas de la cadena de valor se realizarán con enfoques inteligentes y se basarán en tecnologías avanzadas de información y comunicación.

Podemos definir a los robots colaborativos o “cobots” como objetos electrónicos diseñados para interactuar físicamente con humanos en un ambiente compartido. Se diferencian de los robots tradicionales principalmente en que no están aislados realizando una tarea en particular, sino más bien, cooperando e interactuando con los humanos.

La estimación del tamaño del mercado de los cobots fue de \$ 649 millones en 2019, y estaría creciendo a razón de 45% duración 2019 y 2025 (Grandys Frieska Prassida, 2021). Según la IFR (Federación Internacional Robótica), en 2016 el 74% de la producción de robots se centró en cinco países: China, Corea del Sur, Japón, Estados Unidos y Alemania mientras que el 75% del stock total de robots en el mundo se concentraba en los mismos cinco países (Ana Inés Basco, 2018).

La adopción de cobots en industrias argentinas

Existen escasas investigaciones acerca de la adopción de cobots en Argentina. Se desconoce tanto la inversión en esta tecnología como la cantidad de objetos adoptados. No hay datos precisos ni reveladores acerca del stock existentes, ni su grado de utilización, ni de su forma de uso. Por lo tanto, será una próxima línea de investigación. Sin embargo, podemos orientar los indicadores y cuáles son los indicadores mínimos requeridos que resaltan si una organización ha adoptado el camino de la robótica colaborativa.

- a. Poseen al menos un tipo de robot colaborativo o cooperativo: pueden ser de carga y descarga, manipuladores, cobots orientados a la experiencia de usuario, etcétera.
- b. La relación de ese robot con los empleados es colaborativa o cooperativa, es decir, humano y robot realizan una tarea en conjunto o compartiendo un espacio de trabajo.
- c. La industria cuenta con una línea de producción integrada, en donde se comparte información entre humanos, máquinas y robots.
- d. Los equipos utilizados son de alta y especializada tecnología.
- e. La política de la organización va de la mano con la realización de capacitaciones al personal.

Parte Experimental

En esta sección, analizaremos los aspectos clave de la investigación, explorando previas investigaciones con respecto al tema robots colaborativos. Resulta interesante la distinción entre cinco tipos de uso de los robots, y cómo se ha llegado a que sean colaborativos.

El estudio Human–Robot Collaboration in Manufacturing Applications: A Review (Eloise Matheson, 2019), expone que tienen un potencial indiscutible, especialmente en lo que se refiere a su capacidad flexible para hacer tareas de una manera sencilla, rápida y cambios de diseño baratos pero que es necesario tener un conocimiento adecuado de su correcto usos y características para obtener las ventajas de esta forma de robótica, que puede ser una barrera para captación de la industria.

Este tipo de robots posee muchas ventajas competitivas para las organizaciones que desean invertir en ellos. Algunos pueden tener la capacidad de resolver problemas, tomar decisiones, participar en tareas de *picking*, montaje, fabricación, manipulación de objetos, logrando el aumento en la productividad y a su vez, disminución en los costos de producción, ya que “combina la capacidad de un ser humano para juzgar, reaccionar y planificar con la repetibilidad y fuerza de un robot” (Eloise Matheson, 2019).

“Los cobots pueden minimizar el riesgo o error en las operaciones en comparación con la mano de obra manual, y en el proceso de producción, el personal especial es necesario para la supervisión en cada paso de la producción” (Grandys Frieska Prassidaa, 2021). A diferencia de los robots industriales tradicionales, los cobots son flexibles para realizar trabajos repetitivos, tareas ergonómicamente desafiantes y desgastantes para el humano. Pueden tener sensores integrados para detectar contacto intencional o no intencional con su entorno: “Por lo tanto, los aspectos de seguridad, funcionamiento adecuado y la facilidad de uso son factores esenciales que influyen significativamente en las interacciones naturales de los cobots con los trabajadores humanos” (Ibidem, 2021).

Cabe aclarar que “la forma de trabajo colaborativa se puede adoptar incluso cuando se utilizan robots industriales tradicionales; sin embargo, se requieren varios dispositivos de seguridad, por ejemplo, sensores láser y sistemas de visión, o alteraciones del controlador” (Ibidem, 2021). La elección hacia los sistemas de colaboración humano-robot o HCR (HRC por sus siglas en inglés) está dictada principalmente por razones económicas, factores ergonómicos, humanos, el uso eficiente del espacio de la fábrica y la flexibilidad.

El estudio prosigue mencionando que, dado que las celdas colaborativas no requieren sistemas de seguridad rígidos, podrían ubicarse en otras partes de las plantas con mayor facilidad y rapidez; por lo tanto, podrían adaptarse bien a aquellos casos en los que el diseño de producción necesita cambiar continuamente. El mismo menciona también que es importante distinguir las diferentes formas de HCR, ya que generan confusión.

Otro estudio llamado *A conceptual model for the acceptance of collaborative robots in industry 5.0* advierte que la capacidad de los cobots para interactuar con los humanos en un espacio de trabajo compartido se convierte en una valiosa ventaja que expande su aplicación en toda la industria manufacturera. Sin embargo, surge un problema crítico que consiste en aceptarlos en el lugar de trabajo.

Muller propuso una clasificación para las diferentes metodologías en las que humanos y cobots pueden trabajar juntos, como se resume en la Figura 1, donde el estado final muestra un entorno colaborativo (Eloise Matheson, 2019).

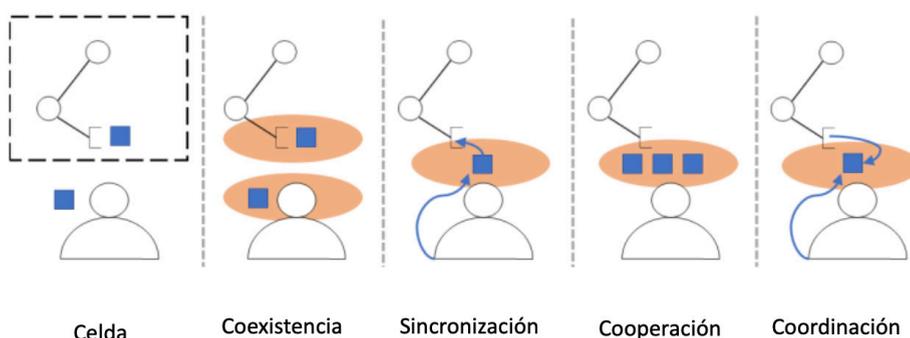


Fig. 1. Tipos de uso de un cobot

El mismo autor detalla que la coexistencia se da cuando el operador humano y el cobot están en el mismo entorno, pero generalmente no interactúan entre sí. Por ejemplo, uno de ellos está produciendo una pieza y el otro, produciendo alguna otra.

Estarán sincronizados si el operador humano y el cobot trabajan en el mismo espacio de trabajo, pero en tiempos diferentes.

La cooperación en cambio, se da cuando el operador humano y el cobot trabajan en el mismo espacio de trabajo al mismo tiempo, aunque cada uno se enfoca en tareas separadas. Por ejemplo, el cobot puede insertar o ajustar la misma pieza en la que está trabajando el humano.

La colaboración se logra si el operador humano y el cobot deben ejecutar una tarea juntos, “la acción de uno tiene consecuencias inmediatas sobre el otro, gracias a sensores especiales y sistemas de visión” (Eloise Matheson, 2019).

“En el entorno de trabajo inteligente con cobots diseñados para trabajar junto con trabajadores humanos, es crucial tener una gran comprensión de cómo pueden interactuar para que el flujo de trabajo funcione de la mejor manera posible. También es necesario para romper el paradigma generalmente conocido de separar estrictamente el lugar de trabajo en un área humana y robótica creando un espacio de trabajo compartido. El diseño de un espacio de trabajo compartido influirá en los sistemas de trabajo de la fábrica y por lo tanto, hacer que la asignación de trabajo entre trabajadores humanos y cobots sea un tema vital” (Grandys Frieska Prassidaa, 2021).

El estudio antes mencionado tiene como objetivo delinear una visión holística de la relación sinérgica entre los trabajadores humanos y los cobots adoptando la perspectiva sociotécnica al entorno de la Industria 5.0. Basándose en la Teoría Unificada de Aceptación y Uso de la Tecnología (UTAUT) y la teoría de los Sistemas Socio-Técnicos (STS), este estudio propone un modelo conceptual desde un concepto centrado en la organización y presenta factores críticos que influyen en el comportamiento intención y uso real de cobots en el entorno de trabajo de fabricación. Además, sugiere, un nuevo empírico estudio para examinar y validar el modelo conceptual propuesto, así como ayudar a centrar los esfuerzos de investigación para apoyar la implementación más amplia de esos objetos en la industria manufacturera.

El estudio determina que su uso real no puede verse como una preocupación completamente tecnológica, sino que exige roles sociotécnicos que deben considerar la interacción de las personas y la tecnología.

“Se ha desarrollado y aplicado una amplia gama de enfoques sociotécnicos como herramienta organizativa para evaluar el diseño de los sistemas de trabajo y modificar el clima laboral, específicamente en la configuración de los trabajos de fabricación y producción” (Grandys Frieska Prassidaa, 2021).

Según Patnayakuni y Ruppel:

“Un sistema de trabajo organizacional es visto como un sistema abierto que interactúa con su entorno que consta de dos subsistemas interdependientes (es decir, el social y el técnico). Reunir ambos subsistemas en los entornos de trabajo es más probable que obtenga resultados favorables para una organización. Por otro lado, el diseño del trabajo se ha considerado un factor importante para poder potenciar los resultados de la organización (por ejemplo, el aumento de la productividad), así como la mejora de la calidad de vida laboral”.

El estudio utiliza UTAUT para predecir los factores críticos que influyen en la intención de

Tabla 1. Principales factores humanos durante la HRC

Factor	Descripción
La credibilidad de los robots	La falta de relación confidencial en los robots y las actitudes para con ellos contribuye a la reducción en su utilización.
Carga de trabajo mental humana	Diseños incorrectos de espacios de trabajo con robots conlleva a más carga mental para los trabajadores.
Pérdida de conciencia de la situación	La pérdida de conciencia de la situación causa accidentes y daños a los humanos.
Degradación de habilidades	La descalificación afecta a los resultados en la incorporación de la HRI (Integración Humano-Robot) y reduce las medidas de seguridad del trabajo conjunto.
Estrés, ansiedad y seguridad dada la HRC	HRI directo en la proximidad puede conducir a una colisión. Esto afectará a la manifestación de los efectos tales como estrés, la ansiedad y la integración segura.
Automatización adaptativa	Una automatización paso a paso permite al operador seguir el proceso completo.
Percepción positiva de los robots	Una percepción positiva de los robots puede tener un impacto positivo en el funcionamiento.

comportamiento de usar cobots a nivel de organización. UTAUT sugiere cuatro dimensiones clave: expectativa de desempeño, expectativa de esfuerzo, influencia social y condiciones facilitadoras, como determinantes directos de la intención y el comportamiento de uso. Tal como hemos mencionado anteriormente, los cobots que tienen la capacidad de interactuar de forma segura con un ser humano proponen la reducción del riesgo en las tareas de implementación, flexibilidad y aprendizaje y dan amplias posibilidades de uso amplio y rápido. Mediante la integración de robots colaborativos en la producción, se hace posible avanzar desde la convivencia a la colaboración entre trabajadores y robots.

HRC es la tecnología con mayor perspectiva en la fabricación inteligente moderna, ya que los cobots son fáciles de programar e instalar en el lugar de trabajo, gracias al software inteligente que favorece métodos de aprendizaje automático a través de la visión técnica, el habla y los movimientos corporales. Por lo cual, HRC tiene un enorme potencial para las empresas modernas de todos los tamaños y diferentes sectores económicos (Rinat Galin, 2020).

El estudio *Cobots and the benefits of their implementation in intelligent manufacturing* analiza los principales factores humanos que afectan a la HRC.

La interacción entre operadores y cobots se puede definir como “escenarios de colaboración”, introduce Mikkel Knudsen (2020). Cada escenario implica al menos un operador humano y al menos un cobot compartiendo el mismo espacio de trabajo para realizar la

fabricación de una pieza. Existen varias definiciones en literatura que distingue la colaboración de la cooperación o interacción. Bendel (2018) señala que los robots de cooperación trabajan con personas paso a paso para un objetivo común, mientras que los robots colaborativos trabajan con personas de la mano en una tarea común. “Cualquier robot que opere junto a un humano sin una valla se puede caracterizar como un robot colaborativo” (Mikkel Knudsen, 2020).

Resultados y discusión

Esta sección de la investigación se centrará en focalizar en las conclusiones de los últimos estudios, analizando los impactos sociales, tecnológicos y ergonómicos en la incorporación de esta tecnología por parte de las organizaciones industriales.

El estudio *Collaborative Robots: Frontiers of Current Literature* (Mikkel Knudsen, 2020) declara que la estrategia y la política europea del Sistema de Análisis de la Unión Europea (ESPAS) prevén una gama de Tendencias Globales al 2030 (ESPAS, 2019), incluido el clima y las presiones ambientales, la reducción de la mano de obra, el envejecimiento de la población en Europa, y los patrones comerciales cambiantes debido a cambios geopolíticos. Además, expone el rol de los cobots en distintas áreas. En nuestra investigación, resulta relevante destacar los factores climáticos, demográficos, sociales y tecnológicos.

“Investigaciones recientes sugieren que los cobots y la robótica, en general, pueden contribuir a mejorar la eficiencia de los recursos y funcionar como facilitadores importantes de la refabricación y economía circular” (Mikkel Knudsen, 2020).

Desde la formulación original del concepto de cobot, la ergonomía ha sido un importante punto de enfoque. Peshkin y Colgate (1999) afirma que “los cobots pueden abordar problemas ergonómicos, y proporcionar beneficios de productividad también”. Las preocupaciones ergonómicas siguen siendo un fuerte argumento citado en la literatura para su introducción en la industria. El estudio menciona que más del 30 % de los trabajadores de la industria manufacturera en Europa se ven afectados por un leve dolor de espalda. Por lo tanto, una cantidad significativa de trabajos de investigación se relaciona con la posibilidad de que los cobots reduzcan las tareas relacionadas con el trabajo que lleva a los trastornos musculoesqueléticos (TME), así como estrés y fatiga de los operadores.

“Al reducir las demandas físicas de trabajadores, los cobots también pueden generar un trabajo más inclusivo en los mercados en los que los trabajadores que envejecen pueden permanecer en durante períodos más largos antes de la jubilación que ahora” . (Mikkel Knudsen, 2020).

Desde el punto de vista social, se han formado muchas investigaciones, notas y especulaciones acerca de cómo su llegada cambiaría las formas de trabajo de los empleados y como afectarían directamente en la reducción de los puestos de trabajo. Dentro de los interrogantes que los empleados se hacen acerca de los cobots, los principales son si serán reemplazados en sus puestos de trabajo por ellos, si podrán manejarlos con facilidad, si serán seguros, si habrá interacción real entre ellos, etcétera. “Los operadores calificados colaboran con los robots y reciben ayuda por medio de máquinas, interacción de tecnología avanzada y automatización adaptativa (Mattson, 2020)”. (Mikkel Knudsen, 2020).

Por último, desde el punto de vista tecnológico, cada día hay más desarrollos y las fronteras tecnológicas se mueven constantemente. La industria automotriz es una de las pioneras en el uso de cobots. Una de ellas utiliza robots para engrasar árboles de levas, llenar motores con aceite y realizar inspecciones de calidad. Otras tareas que pueden cumplir los robots en la misma rama industrial son: ensamble, pintura, soldadura, remoción y pulido de material, etcétera. En la industria sanitaria, hay muchísimos robots colaborativos que simplifican tareas a médicos, especialistas, cirujanos y administrativos de hospitales. Un caso son

los nanobots de oro que “limpian la sangre”. Se trata de pequeños robots impulsados por ultrasonidos capaces de circular por el torrente sanguíneo y eliminar las bacterias dañinas junto con las toxinas que producen. Son aproximadamente 25 veces más pequeños que el ancho de un cabello humano y pueden viajar hasta a 35 micrómetros por segundo.

Conclusiones

Para finalizar, conforme detallaba Rauch (2020), uno de los especialistas mundiales en el tema, las ventajas de la colaboración entre humanos y robots (HRC) son las siguientes:

- Mejoran las condiciones de trabajo de los operarios debido a los cuidados en seguridad.
- Mejoran la utilización de las áreas de producción debido a que no existen barreras físicas.
- Mejoran la accesibilidad a las áreas de trabajo.
- Aumentan la capacidad de producción y calidad.
- Mejoran la utilización de la fuerza laboral más especializada.

“La HRC permite también una división de tareas “dinámica” y una revisión del cronograma de trabajo en tiempo real (Rauch, 2020). Otro de los beneficios clave es la posibilidad de transformar estaciones de trabajo actuales en sistemas colaborativos. Esto ofrece escalabilidad y se precisaría menor inversión por el hecho de ser una mejora y no un rediseño total de la planta.” (Sergio Salimbeni, 2020).

Referencias

- BASCO, A. I. - G. B., (2018). *Industria 4.0: Fabricando el Futuro*. Buenos Aires: BID.
- DI PASQUALE, V., D. S., (2021). *Smart operators: how Industry 4.0 is affecting the worker's performance in manufacturing contexts*. Salerno, Italy: ELSEVIER.
- FRIESKA PRASSIDAA, G.- U. A., (2021). *A conceptual model for the acceptance of collaborative robots in industry 5.0*. Indonesia.
- GALIN, R. M., (2020). *Cobots and the benefits of their implementation in intelligent manufacturing*. Moscu, Rusia: IOP Publishing.
- KNUDSEN, M. -J. K.-O., (2020). *Collaborative Robots: Frontiers of Current Literature*. Finland: *Journal of Intelligent Systems: Theory and Applications*.
- MATHESON, E. -R. M., (2019). *Human-Robot Collaboration in Manufacturing Applications: A Review*. London, UK.
- SALIMBENI, S. - D. M., (2020). *Marco de referencia para la incorporación de Cobots en líneas de manufactura*. Buenos Aires.
- WEISS, A.-K. W., (2021). *Cobots in Industry 4.0: A Roadmap for future practice studies on Human-Robot Collaboration*. Stuttgart, Alemania.