

GESTIÓN DE OPERACIONES

INDUSTRIALES



Esta obra está publicada bajo una [Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)



UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
TRUJILLO

FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
TRUJILLO, PERÚ
Marzo, 2022

The integration of smart systems and ICTS in the optimization of productive resources in industries 4.0

Ana García Sánchez^{1, *}; Stacy Lozano Gutiérrez¹; María Marín Méndez¹;
Rivaldo Urtecho Rodríguez¹

¹ Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Trujillo. Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad Universitaria, Trujillo, Perú.

*Autor correspondiente: t1061300221@unitru.edu.pe (A. García).

Fecha de recepción: 31 08 2022. Fecha de aceptación: 09 11 2022

ABSTRACT

Purpose: To demonstrate how new technologies can contribute to companies in all sectors, especially manufacturing companies, in their organizational growth and improve their production, efficiency and effectiveness, based on Intelligent Systems and ICTs to move towards Industry 4.0.

Methodology: This research article was composed using a systematic review of various sources related to our central theme, using the Technology Watch Service of the National University of Trujillo and other reliable and prestigious bibliographic sources.

Findings: This article shows the challenges and limitations faced by companies when implementing ICTs, as well as learning about the main advantages and strategies that Industry 4.0 technologies possess.

Value: This research provides an overview that motivates SMEs in the industrial sector to take the risk of adopting the new technologies of the Fourth Industrial Revolution.

Keywords: Industry 4.0; Intelligent Systems; ICT; Technology; SMEs.

La integración de los sistemas inteligentes y las TIC en la optimización de recursos productivos de las industrias 4.0: Una revisión sistemática

RESUMEN

Propósito: Demostrar cómo las nuevas tecnologías pueden contribuir a las empresas de todo rubro, especialmente las manufactureras, en su crecimiento organizativo y perfeccionar su producción, eficiencia y eficacia, partiendo de los Sistemas Inteligentes y las TIC para incursionar en la Industria 4.0.

Metodología: Este artículo de investigación se compuso utilizando una revisión sistemática de diversas fuentes relacionadas a nuestro tema central, utilizando el Servicio de Vigilancia Tecnológica de la Universidad Nacional de Trujillo y otras fuentes bibliográficas confiables y de prestigio.

Hallazgos: Este artículo muestra los desafíos y limitaciones que se enfrentan las empresas al implementar las TIC, además de conocer las principales ventajas y estrategias que posee las tecnologías de la Industria 4.0.

Valor: Esta investigación proporciona una visión general que motiva a las pymes del sector industrial a arriesgarse en adoptar las nuevas tecnologías de la Cuarta Revolución Industrial.

Palabras clave: Industria 4.0; Sistemas Inteligentes; TIC; Tecnología; Pymes.

1. Introducción

La presente investigación se basa en la realidad actual de una sociedad globalizada, donde los procesos de negociación y producción de las empresas son dinámicos, esto es resultado de la nueva Revolución Industrial, actualmente denominada como “La Industria 4.0” [1]. Dicho término se refiere a la fusión de avanzadas técnicas de producción y operaciones con inteligentes tecnologías que se integrarán en los activos, las organizaciones y las personas [2].

La Cuarta Revolución Industrial llega de la mano con las TIC, ofreciendo un conjunto de herramientas que han cambiado nuestra vida diaria como el internet, robots, drones, celulares, entre otros [3]. Beneficiando de manera invaluable a los diversos sectores productivos de bienes y servicios, en especial, los sistemas de manufactura [4].

Esto ha influenciado considerablemente en el crecimiento de la economía internacional en los últimos años. Diversos trabajos empíricos a nivel mundial muestran un resultado positivo, referente a la competitividad, la productividad, la eficacia, la eficiencia y la rentabilidad de la inversión. Sin embargo, el efecto va a depender de las características de la tecnología, el entorno, los procesos y el uso de la información y comunicación, además del avance de nuevas modalidades de acceso al conocimiento y la innovación [5].

Por ejemplo, las empresas que se dedican a desarrollar softwares y sobre todo hardwares, deben estar alineadas con las últimas tecnologías de innovación. Del mismo modo, la falta de información oportuna ha originado la necesidad de implementar modelos estandarizados para asegurar la eficiencia operacional y calidad de una empresa [6].

Por otro lado, emplear el desarrollo de tecnologías disruptivas en procesos de manufactura, no solo han asegurado un aumento en la productividad y la eficiencia, sino que también la creación de organizaciones de trabajo y el poder personalizar productos y/o servicios en masa [7].

De igual forma, esta tecnología tiene valor en la manufactura, en el capital humano, en los nuevos modelos de negocios, así como en conocimientos de los mismos, lo cual es fundamental para las bases de información y soporte para generar un aumento en su rendimiento y capacidad sobre la competencia [8].

Además, es importante conocer que la Industria 4.0 contiene principios de diseño para las empresas, los cuales fueron obtenidos a través de un estudio de mapeo sistemático, y con ello poder desarrollar nuevos sistemas de manufactura inteligente basados en datos y colaboraciones hombre-máquina para rediseñar las industrias, los procesos y procedimientos [7, 9].

Obteniendo una relación vertical entre ingresos y productividad, ya que se demandará invertir en capacitaciones, educación, recursos humanos y readaptación de procesos empresariales [7]. Asimismo, gracias a la Industria 4.0 y la manufactura inteligente se puede reducir el ciclo productivo, optimizar los sistemas de fabricación, reducir costos y contar con procesos productivos incorporados y automatizados que permite poder administrar la información en tiempo real a través de dispositivos tecnológicos, internet y redes de colaboración y cooperación [8].

Dentro del ámbito laboral, se han eliminado empleos y se han creado otros, pero orientados a nuevas capacidades y habilidades digitales. Sin embargo, en la actualidad, el 65% de empleados que solo tienen educación primaria cuentan con trabajos que no existen hoy en día [10].

Por todo lo expuesto, el saber utilizar y aprovechar los sistemas autónomos y las TIC marca una estrecha línea de separación entre permanecer o desaparecer, entre ser líder o perder visibilidad en una industria cada vez más automatizada, mejor dicho, subsistir en lo que hoy conocemos como Industria 4.0. El uso adecuado de estas herramientas permite optimizar sus recursos productivos e innovar, ya que la tendencia de hoy en día es lograr una producción inteligente usando las nuevas tecnologías.

Por lo tanto, este estudio tiene por objeto explorar y comprender la importancia, los beneficios y enfoques futuros de los sistemas autónomos y la industria 4.0. Del mismo modo, dar a conocer cómo todo esto puede aportar en la evolución de las empresas, especialmente las Pymes y sensibilizar sobre la importancia de encaminarse hacia la Cuarta Revolución Industrial.

2. Metodología

La información seleccionada fue obtenida a través de una recopilación exhaustiva de artículos científicos publicados dentro del periodo 2018 - 2022, para lo cual se usó la plataforma digital del Servicio de Vigilancia Tecnológica de la Universidad Nacional de Trujillo, además de repositorios de artículos científicos confiables, rescatando el contenido de alta calidad académica seleccionando los temas más importantes relacionados a las TIC y las industrias 4.0. Para luego poder realizar una comparativa de las diferentes metodologías aplicadas y los efectos o beneficios que ofrecen.

Para la revisión bibliográfica, se empleó el motor de búsqueda antes mencionado, mediante una exploración de los títulos de artículos científicos e investigaciones con palabras claves como: “Industria 4.0”, “automatización”, “TIC”, “Sistemas Inteligentes”, “Digital manufacturing”, “Smart Systems”, “M2M”, etc.

3. Resultados y discusión

En el artículo científico titulado “Estrategias de competitividad tecnológica en la conectividad móvil y las comunicaciones de la industria 4.0 en Latinoamérica” [11], los autores identificaron brechas asimétricas, oportunidades y nuevos desafíos en Latinoamérica con respecto a Industria 4.0. Además, de fortalecer las teorías de tácticas empresariales en el sector tecnológico, considerando que, si los gobiernos y las empresas proponen políticas y estrategias centradas en una economía basada en los sistemas de información con desarrollo de hiperconectividad, comunicaciones móviles, CPS, y IoT en relación al cliente, industria, representaría nuevas oportunidades futuras como desarrollar la cadena de valor, mejorar la calidad del producto y la eficiencia en el desempeño organizacional.

En el artículo científico titulado “Industry 4.0: Adoption challenges and benefits for SMEs” [12] se menciona que la Industria 4.0 posee muchos beneficios para la mayoría de las grandes empresas. Pero, gran parte de Europa representa el 90% de PYMES, de las cuales estas se encuentran desconectadas del mundo contemporáneo, es decir de las nuevas tecnologías como el Internet de las Cosas y los Sistemas Ciberfísicos, los motivos por las que estas empresas no optan por estas tecnologías es que tienen limitaciones financieras y de conocimiento, los cuales son desafíos claves. Por lo tanto, muchas pymes muestran un deseo de implementar tecnologías, debido a que diversos estudios consideran que la calidad, eficiencia y las ventajas competitivas son las consideraciones claves con el fin de adoptar una Industria 4.0.

El estudio titulado “Key Readiness Indicators To Assess The Digital Level of Manufacturing SMEs” [13] señala la gran importancia de que las pymes evalúen el nivel digital, ya que permite un pensamiento sistemático sobre la tecnología, así como las oportunidades y desafíos a considerar antes de implementar la Industria 4.0. Por otro lado, estas mismas empresas enfrentan mayores desafíos que las grandes empresas en aspectos como la gestión de la transformación digital, las cuales se apoyan completamente en el conocimiento a nivel técnico, también como la digitalización global, así como factores limitantes para la dirección estratégica y toma de decisiones.

El artículo científico titulado “The preparation of the industrial firms in the State of Querétaro, Mexico, in the area of information and communication technologies” [14] destacan las diferencias en el uso de las TIC y el objetivo de reconocer algunas dificultades que afrontan las organizaciones. Los cuales, se recolectaron datos acerca del número de computadoras disponibles, si contaban con una página web, por último, si realizan operaciones de comercio electrónico. Por ende, cuanto más limitadas son las empresas y su nivel de desarrollo es menor referente al sistema organizativo, se torna complicado realizar una implementación de las TIC. Sucede principalmente por la ausencia de los recursos tecnológicos.

La investigación titulada “SCADA systems in the industrial automation” [15] el autor asegura que, si las empresas buscan que los procesos de manufactura sean autónomos deben implementar SCADA en sus sistemas productivos y así se podrá alcanzar la automatización buscada, debido al gran avance de este tipo de software y su impacto en la automatización de las industrias 4.0. Con este sistema se logra proyectar cada proceso productivo en un monitor de manera gráfica y crear alarmas y advertencias al instante para tener mejor control de cada proceso. Es así que, gracias a los sistemas SCADA podemos controlar, manejar y tomar mejores decisiones.

En el artículo científico titulado “SME Innovation and Development in the Context of Industry 4.0” [16] los autores mencionan que tras la crisis de los años 2013 - 2014, los gobiernos con el afán de ayudar a las pequeñas empresas promovieron la innovación de los procesos productivos y logísticos. Es aquí, donde entra a tallar la importancia que significó las industrias 4.0 como medio de salida de las pymes afectadas por la crisis. El trabajo en fin de la automatización (de máquinas), integración (de líneas) e interconexión (del sistema productivo con su gestión), significa gran oportunidad para las pymes, puesto que permite optimizar los recursos productivos y así conseguir el crecimiento de la empresa.

La investigación titulada “Survey on technologies present in industry 4.0” [17] se destaca la importancia de que las organizaciones se adapten a la era de la digitalización o mejor dicho a los sistemas de la Industria 4.0 puesto que se ha evidenciado que la tecnología e innovación son factores determinantes que inician y ponen fin a una revolución. En su trabajo explica el impacto que presenta la evolución tecnológica en las industrias, así mismo cada una de las contribuciones que ha traído consigo las revoluciones predecesoras, donde cada una de las ingenierías cumplen un rol importante para la evolución e innovación de esta era.

En el estudio titulado “4 technology trends that will define modern manufacturing” [18] el autor hace hincapié en la realidad actual en la que estamos sumergidos, la denominada “Nueva Normalidad” post-pandemia, donde las empresas del sector manufacturero se han visto obligados a reforzar y mejorar el sistema productivo, acercándose a la Industria 4.0 y un mundo moderno apoyado en las TIC. Esta nueva mentalidad se orienta a la satisfacción plena de la demanda, por ende, para alcanzar esta meta se proponen cuatro tendencias tecnológicas:

La Automatización e IA; IIoT y Tecnologías Conectadas; las Herramientas de Optimización de la Experiencia del Cliente y, por último, las Herramientas de Planificación e Incorporación de Escenarios. Estas alternativas ofrecen soluciones fijas programables y flexibles, incluyendo diferentes algoritmos, para perfeccionar la eficiencia, la productividad y la calidad de forma remota Otra ventaja es el poder recopilar y compartir información entre máquina y software, dentro y fuera de la empresa, con lo cual se busca crear buenas experiencias con el cliente, dejando en el pasado su enfoque omnicanal, mejorando las ofertas tecnológicas y mantener la ventaja competitiva y poder superar nuevas situaciones adversas.

El artículo científico titulado “Propuesta de una arquitectura de la industria 4.0 en la cadena de suministro desde la perspectiva de la Ingeniería Industrial” [19] basado en aplicaciones del Big Data, busca solucionar la problemática de compatibilidad entre los sensores de la maquinaria con las plataformas de soporte informático, para lo cual, se propone adoptar cadenas de suministro basadas en los principios de la Cuarta Revolución Industrial realizando un análisis metódico y así poder diseñar un aplicativo móvil. Para el diseño se emplearon diversas TIC especiales para la cadena de suministro para evitar las fugas y pérdidas informáticas, y evaluar el nivel de interconexión con la aplicación planteada, también se consideran las ventajas y limitaciones, además de la usabilidad, la cual al aplicarse el modelo asciende a 91% permitiendo una conexión estable en tiempo real.

La Investigación titulada “Business Intelligence: Business Evolution after Industry 4.0” [20] indica que la Industria 4.0 es un grupo de tecnologías con la finalidad de impulsar las estrategias innovadoras y creativas que rompen los paradigmas empresariales en mercados dinámicos. El enfoque se basa netamente en la interconectividad, la tecnología digital y el aprendizaje

automático. De acuerdo con el autor, existen cuatro componentes indispensables dentro de la Industria 4.0 que se muestran de manera ascendente según su impacto:

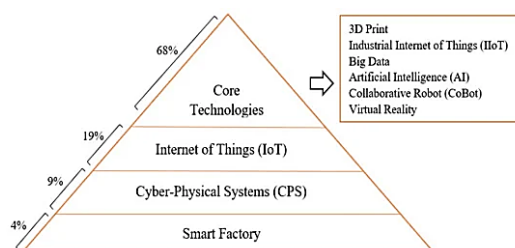


Figura 1. Componentes clave de la Industria 4.0

Observamos que las Tecnologías Principales han tenido el mayor impacto en la Industria 4.0 (68%), seguido del IoT (19%), los CPS (9%) y las fábricas inteligentes (4%).

En el artículo científico titulado “Comparison of algorithms for error prediction in manufacturing with autoML and a cost-based metric” [21] se propone la fabricación de productos a bajo costo aplicando los principios de Machine Learning (ML). Para lograr este objetivo presentan el sistema PREFERML AutoML, el cual se adecua al entorno de manufactura y está modelado para prevenir errores dentro de la producción y ayudar a reconocer la causa raíz. Para cumplir la meta inicial se plantean las interrogantes de qué tan buenos son los resultados de los algoritmos de ML basados en datos reales, y qué tan adecuadas son las métricas usadas para dichos datos y por último, saber qué tan efectivo es el ajuste de hiperparámetros para mejorar el costo-beneficio. Al culminar la investigación, los resultados de los algoritmos de ML establecidos son aceptables y otorgan un beneficio significativo, además que podría emplearse para identificar la causa raíz de algún problema. Sin embargo, las métricas presentan ambigüedad y en caso de algún error puede aumentar los costos, y referente al ajuste de hiperparámetros se puede lograr resultados positivos adicionales.

A raíz de la información que se recopila en el trabajo de investigación, sintetizamos que las diferentes aplicaciones de las nuevas tecnologías tienen un impacto favorable en las Industrias. Por ello, se han creado grandes transformaciones tecnológicas, dirigidas hacia una producción automatizada e interconectada resaltando los diversos usos de los Sistemas Inteligentes y las TIC.

Ante esta situación, las empresas deben adaptarse a este comportamiento dinámico. Sin embargo, estos sistemas no solo se centran en la producción, sino que también puede llegar a influir en la perspectiva económica de los negocios.

De la misma forma, todas las bases bibliográficas revisadas manifiestan resultados positivos en la aplicación de esta tecnología innovadora. No obstante, es importante rescatar que para obtener el máximo provecho se debe conocer y comprender la tecnología de vanguardia, ya que existen casos donde las empresas se muestran impotentes a incursionar en la Industria 4.0 debido a limitaciones financieras y de conocimiento.

4. Conclusiones

Según el trabajo realizado, la integración de los Sistemas Inteligentes y las TIC traen consigo múltiples ventajas para las industrias, en especial para lo que hoy conocemos como industria 4.0; debido a que, permite controlar y medir cada uno de los procesos de manera correcta, logrando así la optimización de los recursos productivos en las empresas e incrementa la competitividad y rentabilidad. Sin embargo, la parte financiera es de vital importancia para que las empresas puedan implementar estos sistemas, es así que los gobiernos y empresas deben trabajar de manera conjunta en propuestas políticas y estrategias orientadas en una economía

digital, para lograr la hiperconectividad buscada entre la tecnología, automatización y producción.

Con esta investigación se incentiva a las pymes del sector industrial a aventurarse en adoptar las herramientas y recursos de la industria 4.0 para incrementar la capacidad de respuesta y una mejor toma de decisiones a los desafíos que se presenten como algunos casos empresariales, académicos y sociales que tuvieron éxito. Además, es conveniente apostar por la innovación científica, dentro del ámbito nacional, esto le permitirá a la industria peruana ser más competitiva empresarialmente, mejorando su posicionamiento y convirtiéndose en un mejor foco de inversión.

5. Referencias Bibliográficas

- [1] Okano, T. (2017). IOT and Industry 4.0: The Industrial New Revolution. In International Conference on Management and Information Systems September 17, 75-76. <https://n9.cl/lsebh>
- [2] Morgan, A. (2020). Resilience: essential skill to face the fourth industrial revolution. 11(1), 21-31. <https://n9.cl/5108w>
- [3] Weyer, S., Schmitt, M., Ohmer, M., & Gorecky, D. (2015). Towards Industry 4.0 - Standardization as the crucial challenge for highly modular, multi-vendor production systems. <https://n9.cl/a77p4>
- [4] Mon, A. & René del Giorgio, H. (2021). Evaluation of Information and Communication Technologies towards Industry 4.0. ScienceDirect 180, 639-648. <https://n9.cl/d1ox9>
- [5] Buenrostro, M. & Hernández, E. (2019). The Incorporation of ICT in Firms. Factors of the Digital Divide in MSMEs of Aguascalientes. <https://n9.cl/3m14j>
- [6] Tapia, V. (2018). Industria 4.0 – Internet de las Cosas. UTCiencia, 1-9. <https://n9.cl/bjzqa>
- [7] Belman, L., Jiménez, G. & Hernández, G. (2020). Análisis exhaustivo de los principios de diseño en el contexto de Industria 4.0. Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial. <https://n9.cl/pxtb2>
- [8] Ynzunza, C., Izar, L., Bocarando, C., Aguilar, P. & Larios, O. (2017). El Entorno de la Industria 4.0: Implicaciones y Perspectivas Futuras. Conciencia Tecnológica. <https://n9.cl/xit4a>
- [9] Zhong, R., Xu, X., Klotz, E. & Newman, S. (2017). Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review. Engineering, 616–630. <https://n9.cl/2u71d>
- [10] Arboleda, J., Ramos, R., Zuleta, G., Arboleda, Q. (2020). La cuarta revolución industrial y las oportunidades para las empresas. UNACIENCIA Revista de Estudios e Investigaciones. <https://n9.cl/rkyi>
- [11] Corzo, G. & Álvarez, E. (2020). Estrategias de competitividad tecnológica en la conectividad móvil y las comunicaciones de la industria 4.0 en Latinoamérica. 31(6). <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v31n6/0718-0764-infotec-31-06-183.pdf>
- [12] Masood, T. & Sonntag, P. (2020). Industry 4.0: Adoption challenges and benefits for SMEs. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0166361520304954>
- [13] Brozzi, R., Riedl, M. & Matta, D. (2021). Key Readiness Indicators To Assess The Digital Level of Manufacturing SMEs. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827121001025>

- [14] Hirsch, J., Almaraz, I. & Ríos, M. (2015). The preparation of the industrial firms in the State of Querétaro, Mexico, in the area of information and communication technologies. 6(14). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215910X15000300>
- [15] Pérez, E. (2017). SCADA systems in the industrial automation. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/8893?show=full>
- [16] Villa, A. & Taurino, T. (2019). SME Innovation and Development in the Context of Industry 4.0. Vol. 39, 2019, 1415-1420. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978920303784>
- [17] Rozo, F. (2020). Survey on technologies present in industry 4.0. UIS Ingenierías. Vol. 19, 177-192. Obtenido de: <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistausingenierias/article/view/10720/10491>
- [18] Rachakonda, V. (2021). 4 technology trends that will define modern manufacturing. SME. https://vtindustrial.unitru.edu.pe/detalle_registro.php?tipo=1&id=1751
- [19] Blanco, M., González, K., & Rodríguez, J. (2017). Propuesta de una arquitectura de la industria 4.0 en la cadena de suministro desde la perspectiva de la Ingeniería Industrial. 13(23). https://vtindustrial.unitru.edu.pe/detalle_registro.php?tipo=10&id=18
- [20] Tavera, C., Hamilton, J., Ibrahim, O., & Ríos, A. (2021). Business Intelligence: Business Evolution after Industry 4.0. MDPI, 13(18). https://vtindustrial.unitru.edu.pe/detalle_registro.php?tipo=7&id=3618
- [21] Gerling, A., Ziekow, H., Hess, A., Schreier, U., Seiffer, C., & Ould, D. (2022). Comparison of algorithms for error prediction in manufacturing with automl and a cost-based metric. Springer. https://vtindustrial.unitru.edu.pe/detalle_registro.php?tipo=7&id=4027&o=b