



REVISIÓN SISTEMÁTICA

Machine Learning in Industry 4.0: a systematic review

Machine Learning en la industria 4.0: una revisión sistemática

Luis Stalin López Telenchana¹  , Gabriela Joseth Serrano Torres¹  , Ximena Alexandra Quintana López¹  ,
Diego Marcelo Reina Haro¹  

¹Universidad Nacional de Chimborazo, Ingeniería Industrial. Chimborazo, Ecuador.

Citar como: López Telenchana LSL, Serrano Torres GJ, Quintana López XA, Reina Haro DM. Machine Learning in Industry 4.0: a systematic review. Salud, Ciencia y Tecnología. 2024; 4:1068. <https://doi.org/10.56294/saludcyt20241068>

Enviado: 06-02-2024

Revisado: 09-04-2024

Aceptado: 27-05-2024

Publicado: 28-05-2024

Editor: Dr. William Castillo-González 

ABSTRACT

The purpose of this article is to expose the processes of automatic learning or Machine Learning in Industry 4.0 based on a systematic review that allows the search for studies and research on the use of innovation technologies. To that extent, the proposed objective is developed through a mixed approach, that is, it integrates both a quantitative proposal regarding previous studies on the subject and also, consolidating a qualitative analysis that critically determines the effectiveness of machine learning in the development industrial and commercial, performance and well-being. In this way, the search is carried out in academic databases such as Scopus, Scielo, Dialnet and Redalyc so that research studies or degree works that propose appropriate implementation strategies and help to consolidate a discussion about the machine are linked. Learning in the fourth industrial revolution.

Keywords: Machine Learning; Industry 4.0; Technologies; Innovation; Productivity; Well-being.

RESUMEN

El propósito de este artículo es exponer los procesos de aprendizaje automático o Machine Learning en la industria 4.0 a partir de una revisión sistemática que permite la búsqueda de estudios e investigaciones sobre el aprovechamiento de las tecnologías de innovación. En esa medida, el objetivo planteado se elabora mediante un enfoque mixto, es decir que integre tanto una propuesta cuantitativa respecto de los estudios previos sobre la temática y también, consolidar un análisis cualitativo que determine de modo crítico la efectividad del aprendizaje automático en el desarrollo industrial y comercial, rendimiento y bienestar. De tal modo, se realiza la búsqueda en bases de datos académicas como Scopus, Scielo, Dialnet y Redalyc de manera que se vinculen estudios de investigación o trabajos de grado que propongan estrategias adecuadas de implementación y ayudan a la consolidación de una discusión sobre el machine Learning en la cuarta revolución industrial.

Palabras clave: Machine Learning; Industria 4.0; Tecnologías; Innovación; Productividad; Bienestar.

INTRODUCCIÓN

La revolución industrial supone un proceso de cambio en cuanto al ámbito social, económico y tecnológico que ha tenido impacto desde el uso de las máquinas y su función en el aprovechamiento de materiales y calidad para la productividad empresarial; de acuerdo con Maisueche⁽¹⁾ se destacan cuatro periodos de revolución industrial: la primera revolución industrial surgió en Gran Bretaña en la segunda mitad del siglo XVIII a partir del impulso de la industria para el crecimiento económico, dejando de lado la agricultura y la artesanía, de manera que, aparecen nuevas fuentes de energía, la máquina de vapor, el transporte por tren y por barco;

la segunda revolución industrial se produce en la segunda mitad del siglo XIX y a principios del siglo XX, considerando fuentes de energía como el petróleo, el gas, la electricidad y nuevos sistemas de transporte como el avión y el automóvil; la tercera revolución industrial denominada Revolución Digital inicia a mediados del siglo XX, la cual reorientó la tecnología para conseguir mayor productividad, y específicamente generó avance en las telecomunicaciones, las computadoras digitales y los teléfonos móviles.

Para continuar, la cuarta revolución industrial define un alto grado de digitalización y automatización de las fábricas a través de sistemas inteligentes, sensores y técnicas de procesamiento de datos,⁽¹⁾ de manera que constituye herramientas de simulación, tercera dimensión (3D), Big Data y realidad aumentada. De tal manera, la cuarta revolución industrial se denomina también, industria 4.0 la cual determina un cambio en el gestionamiento de la cadena de valor de las empresas, es decir, sus costos y la ventaja competitiva. Es así como, se desarrolla el proceso de industrialización y aprovechamiento de herramientas para la mejora de servicios, la calidad de procesos productivos, logística, entre otros.

En esta medida, el Machine Learning proporciona una herramienta de procesamiento de información útil para enriquecer y transformar adecuadamente los materiales en aras a mejoras en los procesos productivos e industriales; puntualmente, el machine Learning aporta a las máquinas una capacidad para generar patrones o describir relaciones, adaptarse a los cambios y resolver problemas sin programación previa.⁽²⁾ Por tanto, el presente artículo desarrolla un análisis sistemático a la implementación de machine Learning en la industria 4.0 de manera que se considere su efectividad e impacto para la mejora de los procesos productivo, materiales y servicios que garantizan el bienestar del usuario y el desarrollo empresarial; en tal sentido, tiene como objetivo exponer los procesos de aprendizaje automático o Machine Learning en la industria 4.0 a partir de una revisión de estudios e investigaciones sobre el aprovechamiento de las tecnologías de innovación y la optimización de procesos industriales.

DESARROLLO

Para el desarrollo del objetivo propuesto es fundamental la conceptualización de las categorías principales tales como industria 4.0 y Machine Learning, de modo que se de apertura al concepto y a las teorías propuestas para que así se consolide un análisis sobre su funcionalidad, beneficios y formas de productividad en el sector industrial. De tal manera, se presente a continuación el concepto de las categorías principales desde diversos autores, aparte de ello vincular una mirada teórica su relación con las tecnologías, la inteligencia artificial y la clasificación del ML.

Industria 4.0

La industria 4.0 es una estrategia que tiene como objetivo la transformación de la industria mediante la digitalización y la explotación del potencial que ofrecen las nuevas tecnologías;⁽³⁾ no obstante, la definición de Germany Trade and Invest⁽⁴⁾ explica que esta se refiere a la evolución tecnológica desde sistemas embebidos hasta sistemas ciberfísicos, representando una cuarta revolución industrial liderada por el internet de las Cosas, los datos y los servicios. A partir de dicha definición se consolidan procesos de competitividad en maquinaria y electrónica que son fundamentales para proveer niveles de prosperidad a los habitantes.

En este sentido, la industria 4.0 constituye cambios en las formas de operación de las empresas e industrias para conseguir una mayor eficiencia en la realización de los productos y con ello, lograr satisfacción del cliente y de la empresa;⁽⁵⁾ al respecto, Basco et al.⁽⁶⁾ afirma que la integración constante de la tecnología puede facilitar el comercio tradicional, puesto que propicia la apertura de oportunidades impensables para el desarrollo de la producción y la mejora de los productos. De tal modo, las fábricas implementan la industria 4.0 dotando las instalaciones con nuevas tecnologías, con procesos automatizados y con un manejo en distribución de suministros.

De acuerdo con Sachon⁽⁷⁾ la industria 4.0 promete ofrecer sistemas de producción reconfigurables y herramientas, máquinas, instalaciones y productos capaces de comunicarse entre sí y con los trabajadores; dicho esto, este proceso busca construir nuevas maneras de aprovechamiento tecnológico y conformar así formas de productividad para las empresas y mediante un trabajo conjunto entre el trabajador y los dispositivos tecnológicos y digitales. Siendo así, la industria 4.0 se ha implementado desde países como Alemania y Gran Bretaña, Estados Unidos de manera que se generen formas de reindustrialización que mejoren la economía mediante pilares y ventajas para la creación del valor, los modelos de negocio y la organización del trabajo.

Estos pilares son, primero, generación y captura de datos mediante sistemas ciberfísicos capaces de analizar e interpretar datos y nuevos perfiles profesionales, de tal manera que, mediante filtros de inteligencia se distribuye información relevante haciendo un seguimiento más preciso de los activos, capital de trabajo y equipos de producción. Segundo, el análisis de datos permite la comparación de patrones de demanda y con ello, mejores previsiones, detección temprana de tendencia del mercado, entre otras, las cuales ayuda a la fabricación de servicios diferentes y en sintonía con las necesidades de los usuarios. Tercero, la interacción hombre - máquina construye niveles de organización y gestión sofisticada de actividades, de modo que el uso

de la tecnología en la industria le ofrezca soluciones efectivas mediante la visualización, la interactividad y la ejemplificación. Cuarto, la producción flexible es una ventaja porque permite responder adecuadamente a las necesidades de la demanda lo cual incentiva la eficiencia de procesos y modelos de negocio. Quinto, la propiedad intelectual habilita una protección confiable de la implementación de modelos de negocio, de manera que se basen en plataformas 4.0, impresión 3D y permitan el uso de materiales en procedimientos adecuados.

Machine Learning (ML)

Por su parte, el Machine Learning es un campo de estudio que le da a las computadoras la capacidad de aprender sin ser programado explícitamente, de manera que “el ML utiliza datos para alimentar un algoritmo que sea capaz de comprender la relación entre la entrada y la salida del sistema bajo estudio”;⁽⁸⁾ de tal manera, se obtiene conocimiento de datos recopilados, se utilizan algoritmos para la predicción, la clasificación y generación de conocimiento. Por todo esto, el aprendizaje automático proporciona una herramienta funcional en la industria 4.0 puesto que permite la obtención y análisis de datos para entonces desarrollar técnicas efectivas y productivas en la industria.

Para explicar más profundamente, la inteligencia artificial, definida como la habilidad que tiene una computadora para presentar las mismas capacidades que un ser humano a nivel de procesamiento de información, aprendizaje y toma de decisiones⁽¹⁾, incluye en una de sus ramas al Machine Learning el cual tiene como objetivo proporcionar a las máquinas la capacidad de predecir o generar patrones que describan relaciones, hasta centrarse en la capacidad de aprender, adaptarse a los cambios y resolver problemas. Siendo así, el ML cumple con una función en el área de fabricación, control, optimización y resolución de problemas en la industria, de manera que presenta un apoyo al individuo y la mano de obra para la productividad.

Clasificación de Machine Learning

De acuerdo con García⁽²⁾ los algoritmos de ML se pueden clasificar de acuerdo con los modelos y la forma en la que se tienen que aprender los datos; de acuerdo con ello, se clasifica en tres categorías: aprendizaje supervisado, aprendizaje no supervisado y aprendizaje por esfuerzo. Primero, el aprendizaje supervisado se basa en descubrir la relación existente entre las variables de salida de tal manera que se puedan identificar las predicciones falsas de modo automático; segundo, el aprendizaje no supervisado es en el cual el sistema aprende datos de entrada, pero no dispone de datos de salida de manera que se crea mediante patrones de similitud; tercero, los algoritmos del aprendizaje por esfuerzo no requieren una muestra inicial para entrenar el modelo puesto que el agente recibe información a partir de la interacción con el entorno.

MÉTODOS

Teniendo en cuenta el objetivo de exponer los procesos de aprendizaje automático o Machine Learning en la industria 4.0 a partir de una revisión sistemática que permite la búsqueda de estudios e investigaciones sobre el aprovechamiento de las tecnologías de innovación, se realiza un análisis con enfoque mixto el cual representan un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación que implican la recolección y el análisis de datos tanto cuantitativos como cualitativos, así como su integración y discusión conjunta en aras a realizar inferencias como resultado de toda la información recabada y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio.⁽⁹⁾ En esa medida, el presente artículo busca elaborar una revisión sistemática que exponga información precisa del número de estudios hallados en las bases de datos utilizadas y una mirada analítica a la importancia del ML en la industria 4.0 desde sus aportes, brechas y ventajas para la competitividad y el desarrollo empresarial.

Revisión sistemática

Una revisión sistemática es un resumen claro y estructurado de la información disponible orientada a responder una pregunta específica, de manera que los datos se obtienen en estudios, artículos y fuentes de información que ayuden a recabar evidencias para el análisis;⁽¹⁰⁾ así, las revisiones sistemáticas se caracterizan por tener y describir el proceso de elaboración o transición consiguiendo que este se vuelva más comprensible para la efectividad de un tratamiento, diagnóstico, pronóstico, entre otros. Para su elaboración, se realiza el siguiente procedimiento: primero, se identifica la temática, en este caso, se establece la necesidad de revisión sobre el machine Learning en la industria 4.0; segundo, se realiza una búsqueda a las bases de datos y revistas indexadas de manera que se vinculen estudios de acuerdo con criterios de elegibilidad y simultáneamente contengan un análisis e investigación sólida que aporte el presente estudio; tercero, se seleccionan los artículos que cumplen con los criterios de inclusión y se pueda a partir de su lectura, conformar un aporte crítico en este estudio; cuarto, se analizan los datos hallados en los estudios elegidos, de manera que se fundamente una nueva perspectiva sobre la implementación, funcionalidad y relevancia del machine Learning en la industria 4.0.

Participantes

Los participantes que se utiliza para el desarrollo del presente artículo son las bases de datos académicas y de investigación científica: Scopus, Dialnet, Redalyc, Google Scholar y Scielo.

Criterios de selectividad

Primero, los criterios de inclusión especifican la intervención de estudios que se encuentren en las bases de datos mencionadas, que tengan fecha de publicación no mayor a cinco años puesto que es importante la consolidación de análisis aplicables a la realidad actual de la industria y las empresas. Segundo, los criterios de exclusión constituyen todos aquellos artículos que no cumplan con los criterios especificados de inclusión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La revisión sistemática respecto del Machine Learning en la industria 4.0 permitió identificar variados estudios orientados a un análisis conceptual sobre dichas categorías como procesos significativa en la productividad, industrialización y manejo de herramientas de inteligencia artificial; también, se encuentran estudios que exponen las tecnologías presentes en la industria 4.0, la aplicación de machine Learning en la industria durante la pandemia y otras revisiones sistemáticas sobre la temática. Por ello, es fundamental la selección de estudios que sean adecuados para el objeto de estudio del artículo y que, sin duda, aporten conocimientos y experiencias de implementación para la definición de nuevas perspectivas y críticas.

Tabla 1. Diagrama de flujo

Frase de búsqueda: Machine Learning AND Industria 4.0				
SCOPUS	DIALNET	REDALYC	GOOGLE SCHOLAR	SCIELO
Documentos disponibles: (n=1)	Documentos disponibles: (n=26)	Documentos disponibles: (n=112)	Documentos disponibles: (n=566)	Documentos disponibles: (n=35)
Documentos excluidos: (n=0)	Documentos excluidos: (n=22)	Documentos excluidos: (n=106)	Documentos excluidos: (n=560)	Documentos excluidos: (n=31)
Documentos incluidos finalmente: (n=1)	Documentos incluidos finalmente: (n=4)	Documentos incluidos finalmente: (n=6)	Documentos incluidos finalmente: (n=6)	Documentos incluidos finalmente: (n=4)
Documentos incluidos de todas las bases de datos: (n=21)			Total de publicaciones:	
Duplicados entre las diferentes bases de datos: (n=3)			Artículos: (n=16)	
			Trabajos de grado: (n=5)	

En relación con la tabla 1, el diagrama de flujo especifica que se realiza la búsqueda en cinco bases de datos de las cuales se delimitan los documentos disponibles, los excluidos y posteriormente los documentos que se incluyen en el estudio. Siendo así, en Scopus se identifica 1 estudio el cual es tenido en cuenta porque cumple con los criterios de inclusión y desarrolla las categorías de estudio; en Dialnet se encuentra un total de 26 estudios de los cuales se excluyen 22 y se toman en cuenta 4 puesto que son recientes a cinco años y desarrollan las categorías de análisis; en Redalyc hay disponibles 106 estudios, de los cuales se incluye únicamente 6 porque son los únicos que desarrollan las categorías Machine Learning como Industria 4.0 y así, permite generar un análisis sobre sus relaciones e implicaciones en la productividad y competitividad industrial; ahora bien, en Google Scholar se halla un total de 566 estudios de los cuales se incluyen 6 y finalmente, en Scielo se encuentran 31 estudios pero se incluyen un total de 4 que desarrollan ampliamente las categorías.

Entonces, se incluye un total de 21 estudios porque aportan al desarrollo de la discusión sobre las implicaciones de la implementación del machine Learning en la industria 4.0 o cuarta revolución industrial. Indudablemente, se halla un gran número de estudios en Google Scholar, sin embargo, una gran cantidad de los estudios que allí se encuentran son hallados de igual modo en bases de datos como Dialnet, Redalyc y Scielo; por su parte, en Redalyc se encuentra también una gran cantidad de estudios, sin embargo estos no aportan un acercamiento al objeto de estudio del presente artículo por lo cual es fundamental incluir solamente aquellos que desarrollen un análisis en torno a ambas categorías, tanto Machine Learning como Industria 4.0. Para el caso de Scielo y Dialnet, se hallan una menor cantidad de estudios, pero de los cuales es posible delimitar varios que determinen una perspectiva amplia sobre el objeto de estudio; finalmente, Scopus aporta con 1 estudio, el cual sin embargo se encuentra duplicado en Dialnet.

Análisis de la discusión

En la industria 4.0 “las fábricas industriales cuentan en sus procesos de producción la intercomunicación de equipos, máquinas y líneas de producción”⁽¹¹⁾ lo cual ofrece una ventaja para la fábrica flexible y la adaptación continua a circunstancias de máximo rendimiento. Con base en lo anterior, Gómez y López⁽¹²⁾ determinan como

resultado de su estudio, que la tendencia de industria 4.0 trae consigo numerosas ventajas que ayuda a que las empresas sean más eficientes en sus procesos y tengan mayores capacidades de computación, cálculo y previsión dada la obtención de datos e información funcional en la industria. Entonces, los autores coinciden en que las dinámicas de desarrollo desde la cuarta revolución industrial proponen a la empresa el uso de tecnologías y dispositivos para la mejora de procesos y servicios.

Al respecto, Gutiérrez y Ortiz⁽¹³⁾ determinan que la industria 4.0 se caracteriza por la incorporación e interconexión de nuevas tecnologías, dando especial importancia al *big data*; también, resaltan que no solo se puede implementar en el área de producción sino también en diversas áreas de modo que se mejoren las estrategias; a parte de lo anterior, este proceso se caracteriza por la robótica colaborativa como una solución a las pequeñas y medianas empresas puesto que incorpora modos de programación efectivos que ayudan a trabajar con humanos en el día a día. En diálogo con ello, Barona⁽¹⁴⁾ define que este proceso comporta la digitalización de las cadenas desde las tecnologías, software inteligente y sensores que facilitan la actividad de fabricantes, proveedores, distribuidores, clientes y consumidores.

Por su parte, el Machine Learning consiste en el aumento de interacciones entre máquinas y gran cantidad de datos generados que se utilizan para la extracción de información y conocimiento mediante el uso de técnicas estadísticas que se basan en la identificación de patrones y la relación de estos con el entorno.⁽¹⁵⁾ De manera que, se incorpora el aprendizaje automático como una nueva tecnología que aporta con la obtención de datos, el análisis y la gestión de los mismos para implementar entonces procesos productivos adecuados a la mejora y el crecimiento. Puntualmente, López⁽¹⁶⁾ determina que mediante el ML se recolectan datos de fuentes como sitios web o base de datos, de ahí, para el procesamiento de los datos “se debe asegurar que todos tengan un formato correcto para alimentar el algoritmo de aprendizaje” (p. 589); continuando así, para explorar los datos se realiza un análisis previo de modo que se corrijan los faltantes, se detecten valores atípicos y se encuentren características que tienen mayor influencia para hacer una predicción.

La obtención de información es una labor compleja para el individuo por lo cual requiere el uso de tecnologías como ML que le permiten obtener patrones de una forma automática, y más efectiva para el manejo de dicha información⁽¹⁷⁾; siendo así, Bravo et al.⁽¹⁸⁾ el ML permite a la industria obtener oportunidades para mejorar su negocio desde la cadena de producción, incrementando la productividad, reduciendo costos y generando una ganancia en eficiencia. De tal manera, la implementación del ML en la industria constituye un camino de obtención de datos de manera automática para entonces conformar procesos eficientes de productividad y con ello, potenciar recursos y disminuir costos y más allá de eso generar competitividad, pues como lo afirma el Instituto de Formación Empresarial (IFM)⁽¹⁹⁾ emplear soluciones desde ML enfoca la optimización de procesos, logra competitividad y obtiene mejores resultados para la industria desde el aprendizaje automático.

Aplicación del Machine Learning en la industria

De acuerdo con Martín⁽²⁰⁾ el aprendizaje automático es una tecnología clave porque cambia la forma de vivir y trabajar impactando directamente con la llegada del internet, de tal manera la ayuda del ML propicia la eficiencia de aprendizajes y actividades en el individuo; en relación con esto, Gartner⁽²¹⁾ afirma que el mayor beneficio se obtiene mediante el aprendizaje colaborativo entre el humano y las máquinas. Por ello, se afirma que el uso de las tecnologías ML propicia la productividad y eficiencia de los trabajos empleados a través del aprendizaje automático, generando así una mayor competitividad, reducción de tiempos de ejecución, toma de decisiones y mejora en la efectividad de todos los procesos implementados. Más aún, Seebo⁽²²⁾ define que la aplicación del ML disminuye el nivel del inventario y la cantidad de chatarra gracias al mejor cuidado de las máquinas, de manera que se optimicen los flujos de producción y de transporte y a partir de ello, se focalice la atención en los clientes y las demandas del mercado.

Según Maisueche⁽¹⁾ la aplicación de ML genera una influencia sobre la producción, fabricación y calidad, logística, mantenimiento, negocios, marketing y gestión de clientes, ergonomía, seguridad y recursos humanos. A partir de dicho estudio se evidencia que el ML brinda un aporte a primero, la flexibilidad, la polivalencia y la potencia en cualquier situación donde haya datos de los que se quiera extraer cierta información; segundo, la mejora de los procesos de fabricación y de control de calidad, el mantenimiento de equipos, la selección de personal, la gestión de almacenes, la atención al cliente, la ciberseguridad, el transporte de mercancías y, tercero, brinda un soporte en la toma de decisiones son solo algunas de las aplicaciones tratadas en este documento. De igual modo, el estudio de García⁽²⁾ concluye que las técnicas de ML mejoran los procesos de fabricación, diagnóstico y pronóstico de defectos, de manera que los algoritmos nuevos favorecen la obtención de mejores resultados y por lo tanto abren la puerta a nuevos objetivos y crecimiento.

El estudio de Jiménez y Díaz⁽²³⁾ desarrollado sobre el campo de la medicina define que, las técnicas predictivas de aprendizaje automático son importante para la predicción de pacientes con enfermedad del corazón a través de una red neuronal; siendo así, es eficiencia la demostración de diagnósticos, el procesamiento de datos adecuadamente y la generación de métodos de impacto. En comparación, Zakacko et al.⁽²⁴⁾ encuentran que el empleo de redes neuronales convolucionales en aras a optimizar el proceso de fabricación de neumático

posibilita la automatización completa del control de calidad, identificando de manera efectiva la presencia de defectos; es por ello que, los estudios coinciden en que la aplicabilidad de ML es efectiva para la productividad empresarial mediante los procesos predictivos, lo cual indica el crecimiento industrial gracias a las predicciones y consigo, la evasión de enfermedades y defectos en la producción de servicios.

Por consiguiente, Figueroa et al.⁽²⁵⁾ define que la prevención es una de las aplicaciones más importante en las técnicas de Machine Learning puesto que propicia la optimización de elementos y herramientas de manera que no fallen en la productividad y por ende no afecten los procesos de industrialización. Siendo así, el estudio concluye que la ML tiene una ventaja para el aseguramiento de la manufactura competitiva y el alcance de mejoras en los procesos de calidad, eficiencia y reducción en los tiempos de producción. En suma, la implementación de estas técnicas promueve la productividad de las empresas, y consigue hacer efectiva la labor del individuo.

CONCLUSIONES

En conclusión, la cuarta revolución industrial proporciona herramientas desde la digitalización, las tecnologías y la inteligencia artificial, tales como las machine Learning, de manera que ayuden a la creación de materiales y propicien la eficiencia en la productividad, es por ello que el presente estudio concluye la importancia de utilizar ML para procesar información de manera útil, obtener datos que son funcionales para la industrialización y mejora de resultados en la organización. Por consiguiente, el uso de técnicas de machine Learning constituye para la organización un avance mediante los procesos predictivos que ayudan a evitar afectaciones, pérdidas, daños o enfermedades, siendo así que toda actividad emprendida, información recabada e implementada, sea efectiva para la obtención de resultados provechosos.

La realización de la revisión sistemática permitió identificar que la industria 4.0 es una temática ampliamente investigada evidenciando así el alcance que ha tenido en las empresas tanto de salud, como institucionales, educativas, jurídicas entre otras; por ello, se afirma que la aplicabilidad de aprendizaje automático mediante machine Learning en la industria facilita los procesos de producción, ayuda al trabajador a realizar actividades en menos tiempo. En definitiva, la revisión sistemática dio como resultado un amplio número de estudios disponibles en bases de datos como Google Scholar y Redalyc, sin embargo, pocas de las investigaciones halladas generaban un dialogo sobre las categorías principales, tales como: industria 4.0 y Machine Learning. Por tanto, se identificaron en las cinco bases de datos utilizadas, un total de 21 estudios que aportaron significativamente en la discusión y que, por su puesto, generaron un análisis conceptual y crítico respecto de teorías y prácticas, respectivamente.

Por tanto, el aprendizaje automático ha impactado directamente en procesos de industrialización de países europeos, Norteamérica y Latinoamérica, de manera que ha tenido gran incidencia en los procesos de producción de las pequeñas y medianas empresas por lo cual es fundamental se utilice de manera apropiada para construir mejoras en la comunicación del individuo con los dispositivos de inteligencia artificial; esto es, que se utilicen valerosamente y en sintonía con las necesidades y requerimientos de los usuarios y de la demanda de productos y servicios. Finalmente, la aplicación de ML genera ventajas en la fabricación y la calidad, en la logística, el mantenimiento, el marketing, la gestión de clientes y los recursos humanos de la industria; así, se mejora la calidad de vida del mundo empresarial constituido por administrativos, trabajadores, usuarios o clientes y determina nuevos objetivos y formas de crecimiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Maisueche, A. Utilización del Machine Learning en la industria 4.0 [Internet]. Valladolid: Universidad de Valladolid de Maestría en Ingeniería Industrial; 2019. España. <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/37908/TFM-I-1372.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
2. García, D. Industrial IoT. Machine Learning en la industria 4.0 [Internet]. Barcelona: Universidad politécnica de Catalunya en Ingeniería Mecánica; 2020. España. https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/336086/Art%3%adculo_tfg_David_Garcia.pdf?sequence=2&isAllowed=y
3. Rojko, A. Industry 4.0 Concept: Background and Overview. International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM), Vol 11, No 5; 2017.
4. Germani Trade & Invest. Industrie 4.0 - Smart Manufacturing for the Future [Internet]. Berlín.
5. Velasco, A. Aprendizaje automático en la industria 4.0 (Machine Learning) [internet]. Instituto Politécnico Nacional. UPIICSA; 2022. <https://www.boletin.upiita.ipn.mx/index.php/ciencia/1004-cyt-numero-91/2062-aprendizaje-automatico-en-la-industria-4-0-machine-learning>

6. Basco, A., Beliz, G. y Garnero, P. *Industria 4.0*. Ed. Inter-American Development Bank; 2018.
7. Sachón, M. Cuantas personas y máquinas trabajan juntos: los pilares de la industria 4.0 [Internet] *Revista de negocios del IEEM*; 2018. <https://www.hacerempresa.uy/wp-content/uploads/2018/10/IEEM-abril-Art-industria-4punto0.pdf>
8. Rozo, F. Revisión de las tecnologías presentes en la industria 4.0 [Internet]. *Revista UIS ingenierías*, v. 19 (2); 2020. <https://doi.org/10.18273/revuin.v19n2-2020019>
9. Hernández-Sampieri y Mendoza-Torres. *Metodología de la investigación, las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Ciudad de México: McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A de C.V; 2018.
10. Moreno, B., Muñoz, M., Cuellas, J., Domancic, S. y Villanueva, J. Revisiones sistemáticas: definición y nociones básicas [Internet] *Revista Clin. Periodoncia Implantol*, v. 11 (3); 2018. <http://dx.doi.org/10.4067/S0719-01072018000300184>
11. Meraz, M., Lerma, C. y Corral, G. La industria 4.0 en el mantenimiento industrial. *Revista de ingeniería industrial [internet]*. 2019;3(7): 17-24. Recuperado de: [10.35429/JIE.2019.7.3.17.24](https://doi.org/10.35429/JIE.2019.7.3.17.24)
12. Gómez y López. Aplicación de técnicas de Machine Learning para mejorar la seguridad en entornos industriales [Internet] Madrid: Universidad pontificia en Ingeniería en Tecnologías industriales; 2020. Recuperado de: <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/bitstream/handle/11531/42594/TFG%20-%20Moraga%20Gomez-Olea%2c%20Valentin.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
13. Guerra y Ortiz. La industria 4.0 y su relación con la gestión de los recursos humanos, *International Journal of Good Conscience [internet]*. 2020;15(3):1-21. Recuperado de: [http://www.spentamexico.org/v15-n3/A9.15\(3\)1-21.pdf](http://www.spentamexico.org/v15-n3/A9.15(3)1-21.pdf)
14. Barona, S. Fourth industrial revolution (4.0.) Or cyberindustry in the criminal process: digital revolution, artificial intelligence and the path towards the robotization of justice, *Revista jurídica digital UANDES [Internet]*. 2019;3(1): 1-21. Recuperado de: [10.24822/rjduandes.0301.1](https://doi.org/10.24822/rjduandes.0301.1), 1-17
15. De la Fuente, A. Diseño de soluciones avanzadas en técnicas de machine Learning para la toma de decisiones en gestión de activos [Internet] Sevilla: Universidad de Sevilla; 2022. Recuperado de: https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/135570/Fuente%20Carmona%2c%20Antonio_tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y
16. Lopez, R. Powered by Pelican Machine Learning con Python [Blog] 2015; Retrieved from: <https://relopezbriega.github.io/blog/2015/10/10/machine-learning-conpython/>
17. Melgar Sasieta, H. A. Machine Learning -CC57-201901; 2019. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10757/632717>
18. Bravo, G., Issasi, A., Rodríguez, L., Maza, J. y Álvarez, A. Aplicación de Machine Learning en la industria 4.0 en tiempos de pandemia, Interconectando saberes [Internet] 2021. <https://is.uv.mx/index.php/IS/article/view/2692/4575>
19. Instituto de Formación Empresarial. (2019, 30 diciembre). Impacto del Machine Learning en el ámbito empresarial. Recuperado de: <https://www.mba-madrid.com/empresas/impacto-del-machine-learning-%C3%A1mbito-empresarial/>
20. Martín, E. Por qué "machine learning" será la tecnología más importante en 2018. *El País*; 2018.
21. Gartner. Gartner Says AI Technologies Will Be in Almost Every New Software; 2017. Recuperado de: <https://www.gartner.com/en/newsroom/pressreleases/2017-07-18-gartner-says-ai-technologies-will-be-in-almost-every-new-softwareproduct-by-2020>
22. Seebo. Machine Learning and AI in manufacturing; 2019. <https://www.seebo.com/machine-learning-ai-manufacturing/>

23. Jiménez y Díaz. Revisión sistemática de literatura: Técnicas de aprendizaje automático (machine learning), Revista científica de la facultad de ingeniería [Internet]; 2021,13:113-121. <https://ojs.tdea.edu.co/index.php/cuadernoactiva/article/view/849/1366>

24. Zajačko, I., Gál, T., Ságová, Z., Mateichyk, V., & Wiecek, D. Application of artificial intelligence principles in mechanical engineering. MATEC Web of Conferences, 2018; 244, 01027. <https://doi.org/10.1051/MATECONF/20182440102754%13%13%26%13%13%54%0%10%20%30%40%50%60%70%80%90%100%>

25. Figueroa-Donayre, E.M., Guillén-Guevara, M. L., Humpiri-Flores, R., Cabel-Moscoso, D. J., Sullon-Macalupu, A. A.&Humpiri-Flores, M.E. Machine Learning en la Industria 4.0: Análisis de su relevancia y aplicaciones. ÑAWPARISUN -Revista de Investigación Científicade Ingenierías; 2023,4(3), 93-9. <https://unaj.edu.pe/revista/index.php/vpin/article/view/272/169>

FINANCIACIÓN

Ninguna.

CONFLICTO DE INTERESES

Ninguno.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Luis Stalin López Telenchana, Gabriela Joseth Serrano Torres, Ximena Alexandra Quintana López, Diego Marcelo Reina Haro.

Análisis formal: Luis Stalin López Telenchana, Gabriela Joseth Serrano Torres, Ximena Alexandra Quintana López, Diego Marcelo Reina Haro.

Investigación: Luis Stalin López Telenchana, Gabriela Joseth Serrano Torres, Ximena Alexandra Quintana López, Diego Marcelo Reina Haro.

Redacción - borrador original: Luis Stalin López Telenchana, Gabriela Joseth Serrano Torres, Ximena Alexandra Quintana López, Diego Marcelo Reina Haro.

Redacción - revisión y edición: Luis Stalin López Telenchana, Gabriela Joseth Serrano Torres, Ximena Alexandra Quintana López, Diego Marcelo Reina Haro.