

<https://doi.org/10.23913/ride.v16i31.2549>

Artículos científicos

Revisión sistemática de literatura: Factores influyentes en la implementación exitosa de la industria 4.0

Systematic literature review: Influencing factors in the successful implementation of industry 4.0

Revisão sistemática da literatura: Fatores influentes no sucesso da implementação da indústria 4.0

Luz Angélica Aguilar Chávez

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, México.

laach19@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0000-5700-6399>

Manuel Arnoldo Rodríguez Medina*

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, México.

manuel_rodriguez_itcj@yahoo.com

<https://orcid.org/0000-0003-1676-0664>

Xóchitl Graciela Aguilar Rivas

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez México.

xochitlrivas14@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0002-2281-1114>

Ericka Berenice Herrera Ríos

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez México.

ericka.hr@cdjuarez.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0002-6964-5830>

*** Autor de Correspondencia**

Resumen

El presente trabajo abarca una revisión de literatura elaborada bajo una serie de criterios que la transforman en un proceso sistemático que arroja información referente a un tema de interés. Ésta búsqueda debe cumplir con características específicas, que hagan que fuentes consultadas y seleccionadas sean las más confiables, importantes y actuales posibles, de modo que la construcción del conocimiento generado a partir de ellas sea un punto de referencia para la elaboración de nuevas investigaciones. El trabajo se construyó a partir del uso de bases de datos científicas confiables y basado en el proceso PRISMA 2020. Se localizaron 2052 trabajos referentes al tema de interés, abarcando desde el año 2016 hasta el 2023. Se utilizaron conectores lógicos booleanos que ayudaron a que la inteligencia artificial, como algoritmo de filtrado en las bases de datos discriminara entre sus catálogos solo aquellas investigaciones que cumplieran con las palabras clave y la filtración por años de publicación. Los términos utilizados para las palabras clave fueron: industria 4.0, implementación exitosa y factores influyentes. Sin embargo, la revisión sistemática final solo trabajó con 25 para la elaboración de la síntesis de información.

Palabras clave: Industria 4.0, Factores influyentes, Implementación exitosa, Revisión sistemática.

Abstract

This work encompasses a literature review conducted under a series of criteria, transforming it into a systematic process that yields information related to a topic of interest. This search must meet specific characteristics, ensuring that the sources consulted and selected are the most reliable, relevant, and current possible, so that the knowledge generated from them serves as a reference point for developing new research. The work was based on the use of reliable scientific databases and the PRISMA 2020 process. A total of 2,052 works related to the topic of interest were located, spanning the years 2016 to 2023. Boolean logical connectors were used to help artificial intelligence, as a filtering algorithm in the databases, identify only those studies that met the keywords and filtered by year of publication. The terms used for the keywords were: Industry 4.0, successful implementation, and influencing factors. However, the final systematic review only worked with 25 to prepare the information synthesis.

Keywords: Industry 4.0, Influencing factors, Successful implementation, Systematic review.

Resumo

Este trabalho abrange uma revisão bibliográfica conduzida sob uma série de critérios, transformando-a em um processo sistemático que produz informações relacionadas a um tópico de interesse. Essa busca deve atender a características específicas, garantindo que as fontes consultadas e selecionadas sejam as mais confiáveis, relevantes e atuais possíveis, para que o conhecimento gerado a partir delas sirva como referência para o desenvolvimento de novas pesquisas. O trabalho baseou-se na utilização de bases de dados científicas confiáveis e no processo PRISMA 2020. Foram localizados 2.052 trabalhos relacionados ao tópico de interesse, abrangendo os anos de 2016 a 2023. Conectores lógicos booleanos foram utilizados para auxiliar a inteligência artificial, como algoritmo de filtragem nas bases de dados, a identificar apenas os estudos que atendiam às palavras-chave e filtrados por ano de publicação. Os termos utilizados para as palavras-chave foram: Indústria 4.0, implementação bem-sucedida e fatores de influência. No entanto, a revisão sistemática final utilizou apenas 25 participantes para compilar a síntese das informações.

Palavras-chave: Indústria 4.0, Fatores de influência, Implementação bem-sucedida, Revisão sistemática.

Fecha Recepción: Noviembre 2024

Fecha Aceptación: Julio 2025

Introducción

La puesta en práctica de las tecnologías digitales para el cambiante mundo globalizado ha representado un reto debido al constante requerimiento de adaptación para cubrir las necesidades de cada una de las industrias. La Industria 4.0 ha revolucionado la manera en que las industrias diseñan, fabrican y realizan la distribución de artículos. Como resultado de la implementación de tecnologías, surgen productos finales y activos inteligentes.

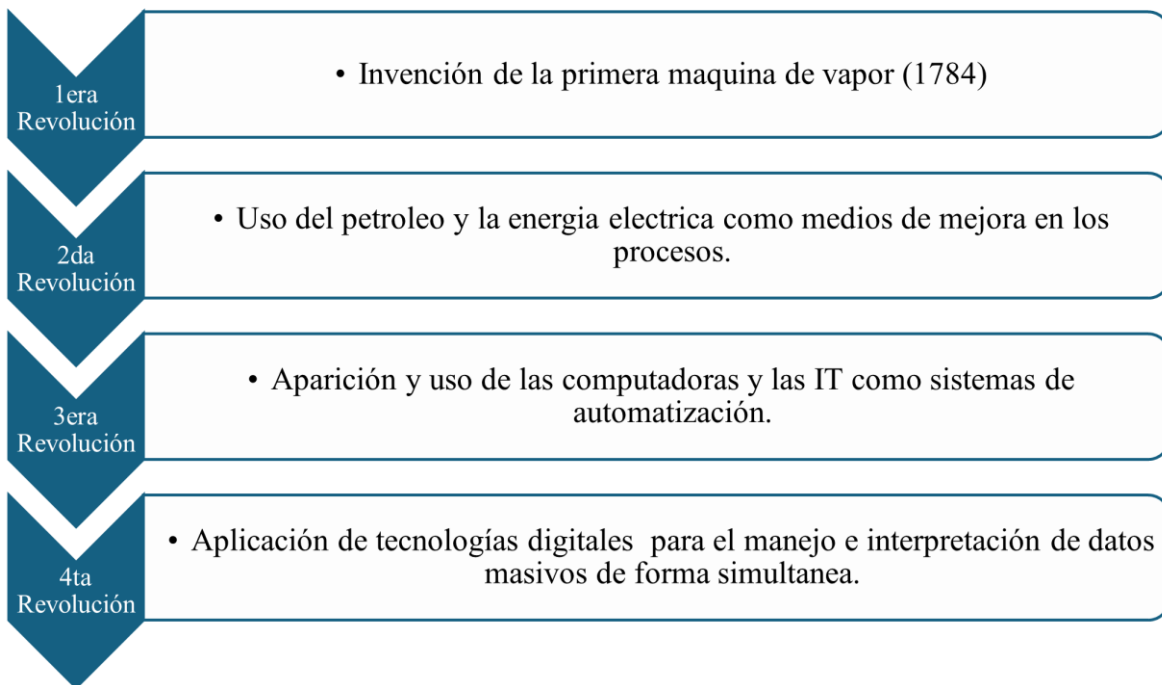
A lo largo de los años, los sistemas de manufactura se han visto profundamente afectados por los desarrollos constantes en materia de tecnología. La primera revolución industrial que se originó a principios de 1800, con la construcción de la máquina de vapor, vino a minimizar la necesidad de trabajo animal y humano, estableciendo un parteaguas en los procesos de ingeniería y producción. Luego, la segunda revolución industrial, con el uso



de recursos como el petróleo y la energía eléctrica, representó la mejora en la agilidad de los procesos y la reducción de las problemáticas, permitiendo que los productos se generaran en masa. La tercera revolución industrial trajo consigo una de las aportaciones más novedosas que sigue impactando hasta nuestros tiempos, la aparición de las computadoras. El uso de estos instrumentos representó la antesala de la automatización de las industrias y la introducción a la robótica.

Finalmente, la cuarta revolución industrial, representada por el manejo de las tecnologías cada vez más novedosas que realizan el manejo simultáneo de un sinfín de datos e información. De este modo, los procesos dentro de la industria son cada vez más eficientes y sencillos. La Inteligencia Artificial es parte del fundamento de la Industria 4.0, ya que por medio de estas herramientas digitales se pueden analizar, predecir, comprender e informar un sinfín de fenómenos cambiantes que surgen dentro de los procesos industriales. El potencial y beneficio que provee esta última revolución industrial repercute directamente sobre la forma en que la integración, el sentido de innovación y la autonomía de los procesos sucede. La Figura 1 establece la secuencia de las revoluciones industriales de la historia.

Figura 1. Revoluciones industriales de la historia



Fuente: Elaboración propia

La industria 4.0 se ha presentado como una de las más novedosas creaciones para las empresas, que como lo mencionan Tao (2014), Chen et al. (2014), Wang (2016) y Vijaykumar (2015) incorpora dentro de sus herramientas tecnologías como las llamadas internet de las

cosas, cómputo móvil, la nube, el big data, sensores inalámbricos, dispositivos móviles, entre otros.

El uso de estas tecnologías no es algo nuevo, sin embargo, la aportación de la Industria 4.0 es el uso en conjunto de ellas, creando una herramienta potente que permite a la industria manufacturera contar con procesos de producción integrados, automatizados, así como optimizados que mejoran la eficiencia operativa y el desempeño organizacional. (Nigeria, 2016)

Como lo menciona Banda (2014), es tal el impacto que ha tenido la Industria 4.0 en las empresas que es considerado como un aporte de innovación sistemático que ha redefinido los modelos de negocio y dio lugar a una perspectiva global integrada tanto del entorno en el que se desenvuelven las empresas como la organización de las mismas.

De ese modo, el objetivo de este trabajo es presentar claramente cuáles son los factores que permiten una exitosa puesta en marcha de las herramientas y tecnologías que componen la Industria 4.0, realizando una exhaustiva revisión sistemática de literatura. Lo anterior realizado con base en la respuesta que se quiere dar a preguntas como ¿Qué es la industria 4.0? ¿Cuáles son los factores asociados a una correcta puesta en marcha de las tecnologías de la industria 4.0? ¿Qué beneficios implica la correcta aplicación de la industria 4.0?

Desarrollo

La construcción de una ideología que reuniera herramientas digitales que tuvieran en conjunto el potencial de uso para poder ayudar a hacer más eficientes los procesos de producción en las empresas es lo que ahora se conoce como industria 4.0. Surgió en Alemania en el año 2011, basándose en una política económica que tenía como base estrategias de alta tecnología, como la automatización, digitalización de procesos y el uso de tecnologías de electrónica e información para la manufactura. (Mosconi, 2015)

Como lo mencionan Riedl, et al. (2014), Zhang, et al. (2014) y Frazzon et al. (2013), la industria 4.0 se define como el uso de las tecnologías, orientado a los sistemas ciberfísicos, que pueden ser utilizadas por personas para integrar los planes de producción, sistemas de almacenamiento y de logística para el establecimiento de redes de trabajo. Cabe mencionar, que los sistemas ciberfísicos se refieren a un sistema físico o bien, mecánico con capacidades de computación y comunicación, por ejemplo, una máquina, la cual se puede conectar a internet para actuar e interactuar con otros sistemas o personas de forma inteligente.

La industria 4.0 emergió como una idea de mejora e innovación para productos novedosos y procesos, mediante el uso de industrias inteligentes que hagan uso de las redes de trabajo que propician la colaboración de estas últimas. Así, ésta transformó la manera en que se habían estado llevando a cabo los procesos, cadenas de suministro y modelos de negocio.

De este modo, se entiende que la industria 4.0 se refiere al conjunto de tecnologías y definiciones de la cadena de valor de las fábricas inteligentes que hacen uso de los sistemas ciberfísicos, creando una copia virtual de lo que corresponde al mundo real y así tomar decisiones descentralizadas. La idea de la industria 4.0 se basa en la capacidad que desarrollan las máquinas para comunicarse entre sí, transmitir información y llevar a cabo acciones que permitirán que sus procesos sean inteligentes.

Son nueve pilares tecnológicos los que utiliza la industria 4.0, los cuales establecen una conexión entre el mundo físico y el digital dando lugar a los sistemas inteligentes y autónomos. A continuación se explica cada uno de ellos:

- **Internet de las Cosas:** El internet de las cosas, IoT denominado así por las iniciales de sus palabras en inglés representa una conexión a través de la red entre las personas y sus dispositivos electrónicos, entornos, vehículos inteligentes, maquinarias, etcétera. De modo que se da lugar a un intercambio de información y datos entre todos los anteriormente mencionados según se requiera. Se podría visualizar esta interconexión como una tela de araña, en donde los canales de comunicación entre los sistemas ciberfísicos se efectúan con otros sistemas y con individuos.
- **Big Data:** La definición de Big Data es una masiva cantidad de datos de gran complejidad que se generan y se transmiten en los canales de comunicación en el entorno de la industria 4.0, para lo cual es imprescindible el uso de herramientas informáticas que permitan el procesamiento, gestión y análisis de los datos.
- **Inteligencia Artificial:** La inteligencia artificial a lo largo de la historia ha realizado un sinnúmero de tareas que disminuyen el esfuerzo humano y reduce los errores. Lo que ha dado lugar a percibir, razonar y resolver problemáticas. Permitiendo realizar tareas de razonamiento que anteriormente solo podían ser efectuadas por humanos. Ahora, el número de datos que se generan y manejan en las empresas es en principio abundante y su crecimiento es exponencial, lo cual en ocasiones hace que sea imposible de manejar por individuos, ahí es donde radica la importancia de la

inteligencia artificial, la cual tiene la capacidad de procesarla e interpretarla para poder tomar decisiones que involucren cada vez menos a las personas.

- **Computación en la Nube:** Implica el compartir datos, servicios, aplicaciones y el uso de distintos softwares entre diferentes ubicaciones geográficas y sistemas de forma remota, de manera que las empresas tengan a su alcance la totalidad de información disponible, pero solo utilicen la necesaria en el momento, generando un ahorro de costos.
- **Realidad aumentada:** Por medio de un conjunto de tecnologías, es posible disponer visualmente en un dispositivo de una capa de información virtual, mezclada con la realidad e información gráfica.
- **Simulación virtual:** Permite generar simulaciones, análisis estáticos y dinámicos que expliquen el comportamiento de un sistema, ofreciendo la oportunidad de examinar las capacidades de un diseño sin tener que realizar prototipos.
- **Robótica:** Una de las herramientas en desarrollo que ha impactado en las industrias, pues se diseñan robots inteligentes que tienen el objetivo de reemplazar la mano de obra humana, capaces de realizar tareas de forma autónoma, sin asistencia ni supervisión, además de tener la habilidad del aprendizaje.
- **Blockchain:** Se conoce como cadenas de bloques seguros, constituyen sistemas de seguridad que no se pueden reproducir, debido a que, al ser una cadena, la información disponible en un bloque solo puede ser modificada mediante la edición de todos los bloques posteriores.
- **5G:** Uno de los más recientes cambios en el área de la telefonía, se refiere al nuevo estándar implementado en el área de la comunicación en donde se multiplica el ancho de banda y se aumenta la velocidad y la hiperconectividad en tiempo real.
- **Sensórica:** Los sensores se utilizan como traductores de fenómenos físicos en señales medibles o interpretables. Los sensores han sido necesidades inseparables de la industria 4.0 puesto que estos son los que registran datos e información que alimentan los sistemas inteligentes y permite procesarlos, interpretarlos e intercambiarlos. (García, 2021)

Así, cabe destacar la evidente importancia y beneficio que conlleva la implementación de las técnicas de la industria 4.0 de forma que sus resultados representen beneficios.

Materiales y métodos

La metodología utilizada es de carácter explicativo y longitudinal. Se elaboró una revisión de literatura sobre conceptos e información relacionada con la industria 4.0. La revisión se realizó en dos partes: la primera fue exploratoria. Se realizó una búsqueda de la cantidad de artículos, capítulos de libros y en general, documentos que brindaran información del tópico de interés. La segunda fue realizada con la ayuda de bases de datos científicas por medio de criterios de búsqueda específicos que brindaran información de interés.

Los resultados de la búsqueda bibliográfica arrojaron que dentro de las bases de datos existe una cantidad abundante de información acerca de investigaciones y análisis realizados con base a aplicaciones de la industria 4.0. La mayoría de ellos brindan, al inicio, un panorama teórico referente a la definición de industria 4.0, para después enfocarse en la aplicación de la herramienta a casos de estudio dentro de industrias o bien, en áreas sociales como la educación.

Para efectuar la recolección de investigaciones se utilizaron bases de datos y buscadores como *ScienceDirect*, *Redalyc*, *ResearchRabbit*, *Dialnet*, *Scielo* y *Google Académico*, tomando en cuenta aquellos documentos escritos en inglés y español desde el año 2016 hasta 2023, reportando implementaciones y aplicaciones exitosas de las tecnologías de la industria 4.0.

En la Tabla 1 se muestra la información obtenida mediante los buscadores, utilizando operadores booleanos para hacer una búsqueda mediante criterios que permitiera obtener solo aquellos documentos que cumplieran con las características referentes a actualidad y relevancia establecidas.

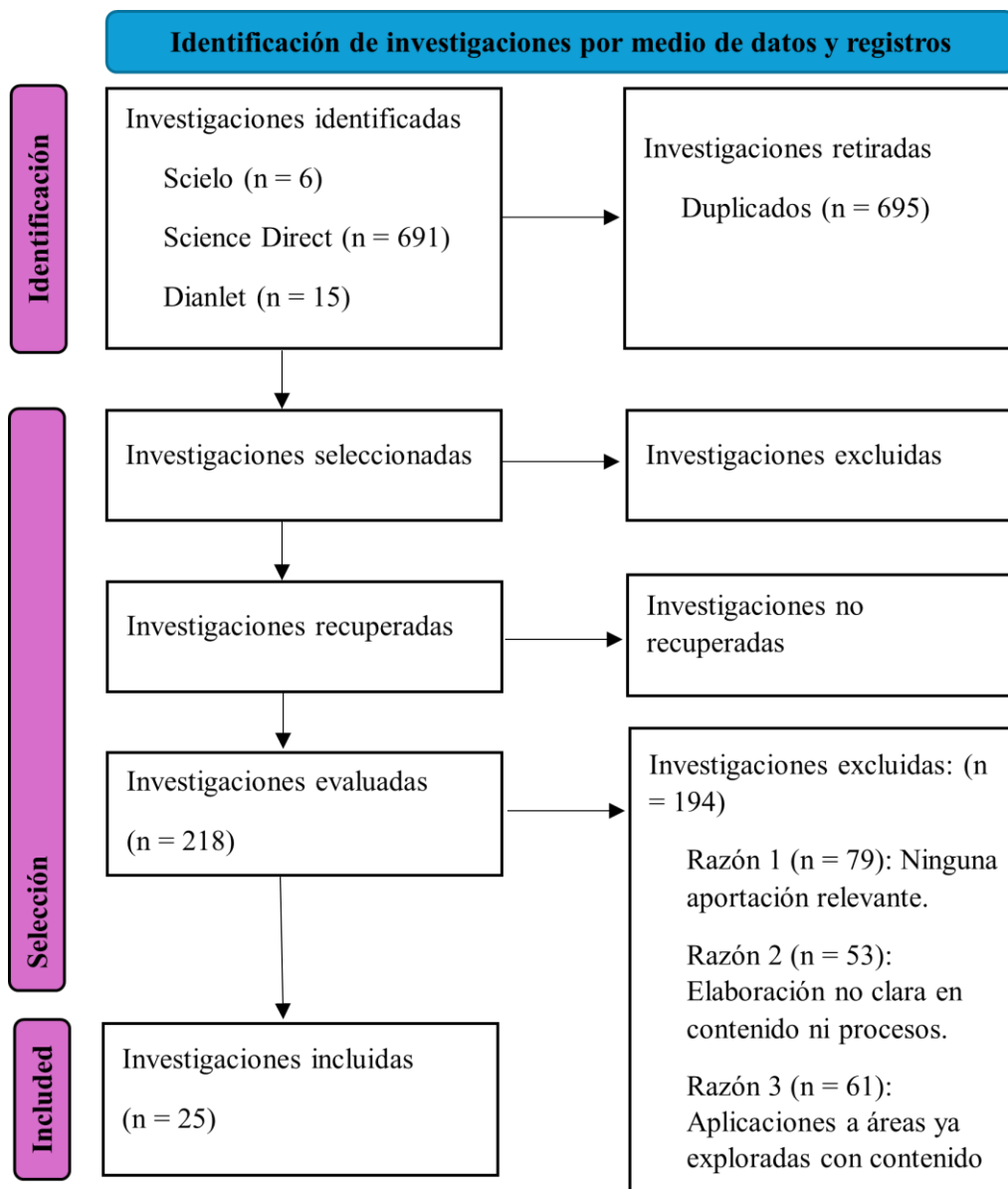
Tabla 1. Bases de datos y términos de búsqueda

| <i>BASE DE DATOS</i> | TÉRMINOS DE BUSQUEDA | RESULTADOS |
|-------------------------|---|------------|
| <i>Scielo</i> | Successful Of Industry 4.0 | 6 |
| <i>Science Direct</i> | ((Successful Implementation) OR (Influencing Factors) AND (Industry 4.0)) | 691 |
| <i>Dialnet</i> | ((Factores Influyentes) OR (Implementación Exitosa) AND (Industria 4.0)) | 15 |
| <i>Google Académico</i> | ((Factores Influyentes) OR (Implementación Exitosa) AND (Industria 4.0)) | 1340 |

Fuente: Elaboración propia

El procedimiento de selección de la información se basó en el documento de la lista de verificación PRISMA 2020 y se muestra en la Figura 2 (Page et al., 2021)

Figura 2. Selección de información basado en PRISMA 2020



Fuente: Elaboración propia

La realización metodológica de la revisión bibliográfica expuesta anteriormente permitió reunir los resultados relevantes de las distintas bases de datos, constuyendo una síntesis cualitativa de la información que diera lugar a la respuesta de las preguntas de investigación establecidas al inicio del presente documento. Los 25 estudios incluidos fueron elegidos con base en los siguientes criterios: estudios centrados en la aplicación de la industria 4.0; publicaciones del periodo 2016-2024; artículos publicados en revistas indexadas; trabajos de estructura completa; trabajos que tuvieran como palabra clave industria 4.0, factores influyentes de implementación exitosa. Además de basar el rechazo de trabajos en criterios establecidos como:

- Antigüedad mayor a 10 años
- Artículos que no fueran acorde al tema de interés
- Artículos duplicados en las bases de datos
- Aplicaciones no exitosas de la industria 4.0
- Contenido meramente teórico que no aportara información significativa con respecto a la implementación de la industria 4.0.

Resultados

Las investigaciones resultantes de la búsqueda sistematizada del tema de interés, factores influyentes en la exitosa implementación de la industria 4.0, fueron 25. Los resultados se organizaron mediante las siguientes categorías: autor, año de publicación, lugar de publicación, idioma y enfoque. Así, la Tabla 2 resume la información correspondiente a cada uno de los artículos incluidos en la síntesis generada sobre la revisión sistemática.

Tabla 2. Investigaciones elegidas con base en la revisión sistematizada

| Autor, año | Idioma | Enfoque |
|---------------------|--------|--|
| Li et al., 2020 | Inglés | Uso de la industria 4.0 en las cadenas de suministro en China para analizar la influencia de esta aplicación en el área económica y del entorno (Li et al., 2020) |
| Bai et al., 2020 | Inglés | Evaluación de las tecnologías utilizadas en la industria 4.0 en el enfoque sustentable (Bai et al., 2020) |
| Hahn, 2020 | Inglés | Análisis de la repercusión de la aplicación de las tecnologías de la industria 4.0 en las cadenas de suministro para la digitalización de los procesos de demanda de servicios personalizados (Hahn, 2020) |
| Ghadge et al., 2020 | Inglés | Propuesta de un marco para la implementación y efectiva transición en las cadenas de suministro a las tecnologías de la industria 4.0 (Ghadge et al., 2020) |

| | | |
|----------------------------|--------|---|
| Abdirad & Krishnan, 2020 | Inglés | Revisión sistemática sobre la literatura disponible sobre la implementación de técnicas de industria 4.0 en la logística y cadenas de suministro (Abdirad & Krishnan, 2020) |
| Esmaeilian et al., 2020 | Inglés | Uso de las tecnologías de la industria 4.0 para el mejoramiento de los procesos en las cadenas de suministro sustentable (Esmaeilian et al., 2020) |
| Mastos et al., 2021 | Inglés | Uso de la industria 4.0 para el desarrollo de modelos y soluciones de economía circular (Mastos et al., 2021) |
| Pasi et al., 2020 | Inglés | Análisis de una de las tecnologías de la industria 4.0, el “internet de las cosas” para la aplicación en cadenas de suministro (Pasi et al., 2020) |
| Preindl et al., 2020 | Inglés | Análisis del impacto de la industria 4.0 como medio de la transformación digital para el intercambio de información y toma de decisiones en los procesos industriales (Preindl et al., 2020) |
| Avventuroso et al., 2017 | Inglés | Aplicación de tecnologías de industria 4.0 para la construcción de un sistema de producción en red en una empresa virtual para el análisis de bucles de información del ciclo de vida de un producto (Avventuroso et al., 2017) |
| Man & Strandagen, 2017 | Inglés | Búsqueda de áreas de modelos de negocio sustentable para la aplicación exitosa de la industria 4.0 (Man & Strandagen, 2017) |
| Szozda, 2017 | Inglés | Análisis del impacto de la aplicación de las tecnologías de la industria 4.0 en el funcionamiento de las cadenas de suministro (Szozda, 2017) |
| Vladimirovich et al., 2017 | Inglés | Uso de la tecnología de la industria 4.0 para la programación integrada de los flujos de materiales y servicios de información en las |

| | | |
|--------------------------|---------|---|
| | | redes de suministro de estas (Vladimirovich et al., 2017) |
| Witkowsky, 2017 | Inglés | Soluciones innovadoras en el área logística y de la administración de las cadenas de suministros. (Witkowsky, 2017) |
| Strandhagen et al., 2017 | Inglés | Técnicas de la logística 4.0 para los modelos de negocio sustentable (Strandhagen et al., 2017) |
| Dolgui et al., 2018 | Inglés | Análisis del impacto de las tecnologías digitales y la industria 4.0 en el análisis de riesgo de las cadenas de suministro (Dolgui et al., 2018) |
| Glas & Kleemann, 2016 | Inglés | Análisis cualitativo y conceptual acerca del impacto de la industria 4.0 en la administración de las cadenas de suministro y métodos de adquisición (Glas & Kleemann, 2016) |
| Ramírez et al., 2019 | Español | Uso de las tecnologías de la industria 4.0 mediante redes neuronales para la disminución de scrap dentro de una empresa automotriz (Ramirez et al., 2019) |
| Elhoone et al., 2019 | Inglés | Elaboración de un diseño basado en la cibernética para la fabricación aditiva usando redes neuronales artificiales en la industria 4.0 (Elhoone et al., 2019) |
| Arbella et al., 2021 | Español | Uso de los métodos de la industria 4.0 para el monitoreo de las condiciones de las turbinas de viento de un parque eólico (Arbella et al., 2021) |
| Frank et al., 2019 | Inglés | Implementación de patrones en las compañías de manufactura basado en las tecnologías de la industria 4.0 (Frank et al., 2019) |
| Liao et al., 2017 | Inglés | Elaboración de una revisión sistemática de literatura acerca del pasado, presente y futuro de la aplicación de la industria 4.0 (Liao et al., 2017) |

| | | |
|------------------------|---------|--|
| Díaz et al., 2023 | Español | Elaboración de un marco referencial acerca de la construcción de un puente entre el uso de las redes neuronales como herramientas de la inteligencia artificial con la industria 4.0 (Díaz et al., 2023) |
| Jiménez et al., 2021 | Español | Elaboración de una revisión de literatura fundamentada del uso de las tecnologías de la industria 4.0 en las cadenas de suministro (Jiménez et al., 2021) |
| Ladiño y Briseño, 2022 | Español | Aplicación de las tecnologías de la industria 4.0 en las pequeñas y medianas empresas de Bogotá, para el análisis de los casos de éxito (Ladiño y Briseño, 2022) |
| Ojeda, 2024 | Español | Implementación de la industria 4.0 en el sector hospitalario de segundo y tercer nivel en el estado de Yucatán, México (Ojeda, 2024) |

Fuente: Elaboración propia

Las publicaciones e investigaciones resumidas en la Tabla 2 se desarrollaron en su mayoría en el periodo de 2019 hasta 2024 . A continuación, la Tabla 3 establece la cantidad de trabajos por año de publicación.

Tabla 3. Relación trabajos-año de publicación

| Año de publicación | Número de trabajos publicados |
|--------------------|-------------------------------|
| 2016 | 1 |
| 2017 | 7 |
| 2018 | 1 |
| 2019 | 3 |
| 2020 | 8 |
| 2021 | 3 |
| 2022 | 1 |
| 2023 | 1 |
| 2024 | 1 |

Fuente: Elaboración propia

Discusión

La información recopilada permite establecer que las herramientas de la industria 4.0 forman parte de los métodos de actualización y mejoramiento de los procesos dentro de las empresas manufactureras y de las cadenas de suministro. El trabajo realizado permite obtener una base teórica fundamentada y bien seleccionada de fuentes de información dentro del gran volumen de información existente en la diversidad de bases de datos.

Cada una de las investigaciones elegidas cumple con criterios de selectividad que los posicionan dentro de los artículos con mayor fiabilidad para construir una idea de lo que es la industria 4.0 y casos exitosos de implementación o aquellos que brindan la mejor información para el análisis de las consecuencias de la aplicación de las tecnologías de la industria 4.0 en diversas áreas industriales.

La revisión sistemática de literatura representa una simplificación en el proceso de la búsqueda de información que fundamente una investigación científica. Existen trabajos como los de Abdirad y Krishnan (2020) en donde se propone un concepto de intercambio de datos en empresas, basado en el concepto de la industria 4.0. Juárez, et al. (2021) realizó la revisión sistemática de literatura con respecto al concepto de industria 4.0, encontrando fuentes de información en bases de datos confiables de producción e investigación científica. Por otro lado, Ghadge, et al. (2020) se enfocó en la realización de una revisión sistemática desde la perspectiva crítica de la literatura disponible, de manera que se lograra analizar la efectiva implementación de la industria 4.0 desde las principales características.

Si bien existe abundante información, la mayoría de las investigaciones realizadas se basan en la construcción teórica del concepto, lo que da lugar a una amplia gama de oportunidades para elaborar investigaciones de carácter técnico que expliquen los procesos de implementación de las tecnologías de la industria 4.0 en las empresas. El área mayormente investigada con aplicaciones de las tecnologías emergentes es la de la administración y mejora de las cadenas de suministro, lo que pone de manifiesto la gran cantidad de áreas industriales sin explorar.

Conclusiones

El presente trabajo ha sido construido con base en una exhaustiva búsqueda, selección e interpretación de la información existente dentro de las bases de datos científicas, donde las investigaciones más relevantes existen. Sin embargo, la elegibilidad de estos se realiza con rigurosos criterios que permitan establecer un método de discriminación para eliminar aquellos trabajos que no encajan con el tipo de trabajo que se está realizando.

En esta investigación se revisó y seleccionó aquellas investigaciones que proporcionaban la información relevante sobre la construcción de un marco referencial acerca de la industria 4.0 y la implementación de las tecnologías en diversas áreas industriales y en distintos puntos geográficos. Demostrando así, que las herramientas de la industria 4.0 tienen la capacidad de digitalización del mundo.

Los resultados proporcionados en esta investigación deben tomarse como un análisis metodológico y sistémico respecto a la literatura disponible sobre la implementación exitosa de la industria 4.0. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que la elegibilidad de los trabajos tomados en cuenta en esta investigación es temporal, esto debido a que la investigación y publicación de nueva información se realiza de forma constante, forzando así a la continua actualización y ajuste de los criterios de elegibilidad y documentos tomados en cuenta en las revisiones sistemáticas de literatura de este y otros temas de interés.

Futuras líneas de investigación

El presente análisis identifica áreas potenciales de investigación del tema debido a que se presenta el estado actual de estudio en el área. La búsqueda de los trabajos seleccionados presenta las implementaciones con mayores beneficios. El desarrollo científico y tecnológico que se realiza en la época actual permite que las posibilidades de mejora y expansión de la presente investigación sean abundantes. Una opción sería el uso de herramientas de inteligencia artificial que faciliten la búsqueda de información actual y novedosa respecto al tema de interés. Por otro lado, se podría discernir entre las distintas fuentes de información para solo basar la investigación en un tipo de producción científica, de una localización geográfica puntual o bien de sector industrial específico. Así, las líneas de investigación que quedan al alcance para próximas investigaciones son múltiples.

Referencias

- Abdirad, M., y Krishnan, K. (2020). Industry 4.0 in Logistics and Supply Chain Management: A Systematic Literature Review. *EMJ - Engineering Management Journal*, 00(00), 1–15. <https://doi.org/10.1080/10429247.2020.1783935>
- Arbella, Y., Trinchet, C., Mora, C. (2021). Monitoreo de condición en las turbinas de viento del parque eólico gibara II aplicando métodos de la industria 4.0. *RILCO*, 2021. p.1-9. DOI: <https://doi.org/10.51896/rilco>
- Bai, C., Dallasega, P., Orzes, G., y Sarkis, J. (2020). Industry 4.0 technologies assessment: A sustainability perspective. *International Journal of Production Economics*, 229. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107776>
- Banda, R. (2014). Impacto de la manufactura inteligente en la industria y la academia. Cuartas Jornadas de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias. Universidad de las Américas. Cordicyt Ecuador, Quito.
- Chen, F., Deng, P., Wan, J., Zhang, D., Vasilakos, A. y Rong, X. (2014). Data mining for the internet of things: literature review and challenges. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 103-146.
- Chen, M., Mao, S. y Liu, Y. (2014). Big data: a survey. *Mobile Networks and Applications*, 19 (2), 171–209.
- Díaz-Martínez, M., Román-Salinas, R., Santana-Esparza, G., & Morales-Rodríguez, M. (2023). La industria 4.0 y las redes neuronales artificiales en la ingeniería industrial: Una revisión sistemática de la literatura: e352. *Revista Cubana de Ingeniería*, 14(1).
- Duarte Ojeda, E. (2024). Nivel de implementación de la industria 4.0 en el sector hospitalario del segundo y tercer nivel de atención en Yucatán.
- Elhoone, H., Zhang, T., Anwar, M., Desai, S., Cyber-based design for additive manufacturing using artificial neural networks for Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 2019. 30 (2):1-22. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1671627>
- Esmailian, B., Sarkis, J., Lewis, K., y Behdad, S. (2020). Blockchain for the future of sustainable supply chain management in Industry 4.0. *Resources, Conservation and Recycling*, 163(June), 714105064. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105064>
- Frank, A. G., Dalenogare, L. S., y Ayala, N. F. (2019). Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. *International Journal of Production Economics*, 210(January), 15–26. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.01.004>

- Frazzon, E., Hartmann, J., Makuschewitz, T. y ScholzReiter, B. (2013). Towards socio-cyber-physical systems in production networks. In Proceedings of the 46th CIRP Conference on Manufacturing Systems, 49–54.
- García Ortega, B. (2021). Industria 4.0. La cuarta revolución industrial.
- Ghadge, A., Er Kara, M., Moradlou, H., y Goswami, M. (2020). The impact of Industry 4.0 implementation on supply chains. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31(4), 669–686. <https://doi.org/10.1108/JMTM-10-2019-0368>
- Glas, A. H., & Kleemann, F. C. (2016). The impact of industry 4.0 on procurement and supply management: A conceptual and qualitative analysis. *International Journal of Business and Management Invention*, 5(6), 55-66.
- Hahn, G. J. (2020). Industry 4.0: a supply chain innovation perspective. *International Journal of Production Research*, 58(5), 1425–1441. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1641642>
- Jiménez, M. A. V., Tinoco, V. B., & Arroyo, J. A. M. (2021). El impacto de la industria 4.0 en la cadena de suministro: una revisión de literatura. *Repositorio de la Red Internacional de Investigadores en Competitividad*, 15.
- Ladino Fernández, J. M., & Briceño Barrero, D. L. (2022). Industria 4.0: el reto para las Pymes manufactureras de Bogotá.
- Li, Y., Dai, J., y Cui, L. (2020). The impact of digital technologies on economic and environmental performance in the context of industry 4.0: A moderated mediation model. *International Journal of Production Economics*, 229(May 2019), 107777. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107777>
- Liao, Y., Deschamps, F., Loures, E. de F. R., y Ramos, L. F. P. (2017). Past, present and future of Industry 4.0 - a systematic literature review and research agenda proposal. *International Journal of Production Research*, 55(12), 3609–3629. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1308576>
- Mastos, T. D., Nizamis, A., Terzi, S., Gkortzis, D., Papadopoulos, A., Tsagkalidis, N., Ioannidis, D., Votis, K., y Tzovaras, D. (2021). Introducing an application of an industry 4.0 solution forcircular supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, 300. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126886>
- Mosconi, F. (2015). *□e new European industrial policy: Global competitiveness and the manufacturing renaissance*. London, England: Routledge.

- Ningenia (2016). Qué es la Industria 4.0. Recuperado el 17 de Enero de 2017 de <http://www.ningenia.com/2016/05/31/que-es-la-industria-4-0/>.
- Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ* 2021;372:n71. doi: 10.1136/bmj.n71
- Pasi, B. N., Mahajan, S. K., y Rane, S. B. (2020). Smart Supply Chain Management : A Perspective of Industry 4 . 0. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 29(5), 3016–3030. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29012.01920>
- Preindl, R., Nikolopoulos, K., y Litsiou, K. (2020). Transformation strategies for the supply chain: the impact of industry 4.0 and digital transformation. *Supply Chain Forum*, 21(1), 26–34. <https://doi.org/10.1080/16258312.2020.1716633>
- Ramírez, N., Laguna, M., Rubín, N., Un acercamiento a la industria 4.0 a través de redes neuronales para la reducción de scrap en una empresa automotriz. *Pistas educativas*, 2019. 41(133): p.1-18.
- Riedl, M., Zipper, H., Meier, M. and Diedrich, C. (2014). Cyber-physical systems alter automation architectures. *Annual Reviews in Control*, 38, (1), 123–133.
- Tao, F., Zuo, Y., Xu, L. y Zhang, L. (2014). IoT-Based intelligent perception and access of manufacturing resource toward cloud manufacturing,” *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 10 (2), 1547–1557.
- Vijaykumar, S, Saravanakumar, S, y Balamurugan, M. (2015). Unique sense: smart computing prototype for industry 4.0 revolution with IOT and bigdata implementation model. *Indian J. SCi Technol.* 8 (35), 1-4.
- Wang, S., Wan, J., Li, D., and Zhang, C., 2016, “Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook,” *Int. J. Distrib. Sens. Networks*, 2016, 681-706.
- Zhang, W., Zhang, L, y Cai, H. (2014). Formal Specification of Cyber Physical Systems: Case Studies Based on Hybrid Relation Calculus Multimedia and Ubiquitous Engineering. *Lecture Notes in Electrical Engineering*, 308, 45-51.

| Rol de Contribución | Autores |
|---|--|
| Conceptualización | Luz Angélica Aguilar Chávez, Manuel Arnoldo Rodríguez Medina (Igual) |
| Metodología | Luz Angélica Aguilar Chávez, Manuel Arnoldo Rodríguez Medina, Eduardo Rafael Poblano Ojinaga, Norberto López Garza (igual) |
| Software | Luz Angélica Aguilar Chávez, Manuel Arnoldo Rodríguez Medina (Igual) |
| Validación | Eduardo Rafael Poblano Ojinaga, Norberto López Garza (Igual) |
| Análisis Formal | Manuel Arnoldo Rodríguez Medina, Norberto López Garza (Igual) |
| Investigación | Luz Angélica Aguiar Chávez, Manuel Arnoldo Rodríguez Medina, Eduardo Rafael Poblano Ojinaga, Norberto López Garza (Igual) |
| Recursos | Manuel Arnoldo Rodríguez Medina |
| Curación de datos | Luz Angélica Aguilar Chávez, Manuel Arnoldo Rodríguez Medina (Igual) |
| Escritura - Preparación del borrador original | Luz Angélica Aguilar Chávez |
| Escritura - Revisión y edición | Luz Angélica Aguiar Chávez, Manuel Arnoldo Rodríguez Medina, Eduardo Rafael Poblano Ojinaga, Norberto López Garza (Igual) |
| Visualización | Luz Angélica Aguilar Chávez, Manuel Arnoldo Rodríguez Medina (Igual) |
| Supervisión | Luz Angélica Aguilar Chávez, Manuel Arnoldo Rodríguez Medina (Igual) |
| Administración de Proyectos | Luz Angélica Aguilar Chávez |
| Adquisición de fondos | Manuel Arnoldo Rodríguez Medina, Eduardo Rafael Poblano Ojinaga (Igual) |