

Industry 4.0 and its Impact on Quality Management: A Systematic Literature Review from 2021-2024

Osorio-Paredes, Liney, Maestra en Gerencia de Industrias Agropecuarias y Pesqueras¹; Rivas-Mendoza, Milagros Isabel, Maestra en Ciencias de la Educación ¹; Vilcherres-Castillo, Geraldine Steffani, Estudiante de Ingeniería Industrial¹; Morales-Marcelo, Dana Muriel, Estudiante de Ingeniería Industrial¹; Estrada-Espinoza, Johan Alexander, Estudiante de Ingeniería Industrial¹

¹Universidad Tecnológica del Perú, Perú, c22922@utp.edu.pe, c23212@utp.edu.pe, u20215371@utp.edu.pe, u20215546@utp.edu.pe, u18103195@utp.edu.pe

Abstract— This systematic research aims to analyze the impact of using 4.0 technologies on quality management, as well as the tools of Industry 4.0 technologies in improving quality management. For this purpose, a systematic review of the scientific literature published between 2021 and 2024 in the Scopus database was conducted, identifying 20 relevant studies that met the determined eligibility criteria. The results show a positive impact between 4.0 technologies and quality management, with the potential to reduce the use of unnecessary energy and resources through the transmission of reports and the analysis of production operations using various technological trends studied in the reviewed articles. The proposed use of IT management tools includes the Internet of Things, Big Data, digital twins, blockchain, modal analysis, Failure Modes and Effects Analysis (FMEA), and smart factories. Additionally, some bibliometric indicators are presented: the journal where most articles on the subject are published is Sustainability, the year with the highest publication rate was 2022, and the author Wolniak with two publications. In conclusion, this study highlights the importance of implementing 4.0 technologies to achieve successful quality management with a more sustainable and responsible approach to the entire process management.

Keywords— Industry 4.0, quality management, supply chain, sustainability, technology.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LEIRD).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LEIRD).
DO NOT REMOVE

Industria 4.0 y su impacto en la Gestión de Calidad: Una revisión sistemática literaria durante 2021-2024

Osorio-Paredes, Liney, Maestra en Gerencia de Industrias Agropecuarias y Pesqueras¹; Rivas-Mendoza, Milagros Isabel, Maestra en Ciencias de la Educación¹; Vilcherres-Castillo, Geraldine Steffani, Estudiante de Ingeniería Industrial¹; Morales-Marcelo, Dana Muriel, Estudiante de Ingeniería Industrial¹; Estrada-Espinoza, Johan Alexander, Estudiante de Ingeniería Industrial¹

¹Universidad Tecnológica del Perú, Perú, c22922@utp.edu.pe, c23212@utp.edu.pe, u20215371@utp.edu.pe, u20215546@utp.edu.pe, u18103195@utp.edu.pe

Resumen— En esta investigación sistemática tiene como propósito analizar el impacto de la utilización de las tecnologías 4.0 en la gestión de calidad, así como las herramientas de tecnologías de la industria 4.0 en la mejora de la gestión de calidad. Para ello, se realizó una revisión sistemática de la literatura científica publicada entre 2021 y 2024 en la base de datos Scopus, identificándose 20 estudios relevantes que cumplieran con los criterios de elegibilidad determinados. Los resultados muestran un impacto positivo entre las tecnologías 4.0 y la gestión de calidad, con el potencial de disminuir el uso de energía y recursos innecesarios mediante la transmisión de informes y el análisis de las operaciones de producción mediante las diferentes tendencias tecnológicas estudiadas en los artículos revisados proponen el uso de las herramientas de gestión TI como el Internet de las cosas, la Big data, los gemelos digitales, blockchain, el análisis modal, efectos de falla (FMEA), y fábricas inteligentes. Además, se dan a conocer algunos indicadores bibliométricos: la revista donde se publica más sobre la temática en cuestión es Sustainability, el año con mayor índice de publicación fue el 2022, el autor Wolniak con dos publicaciones. En conclusión, este estudio evidencia la importancia de implementar tecnologías 4.0 para lograr una exitosa gestión de calidad gestión bajo un enfoque más sostenible y responsable para toda la gestión de proceso.

Palabras clave— Industria 4.0, gestión de calidad, cadena de suministro, sostenibilidad, tecnología.

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día la tecnología industrial, se ha venido desarrollando exponencialmente y su constante evolución ha marcado una mejora notable en materia de gestión de calidad, abordando los procesos industriales con sus herramientas mejoradas y avanzadas con la ayuda de la automatización inteligente; el aseguramiento de esta digitalización se enfoca en integrar tecnologías innovadoras y utilizar herramientas de automatización avanzadas para reforzar las ventajas competitivas digitales [1].

Esta adaptación tecnológica impulsa la innovación de nuevos sistemas de monitoreo constante, garantizando la precisión oportuna y la credibilidad de sus procesos, incluyendo pérdidas económicas directas y el impacto ambiental debido al desperdicio de recursos [2].

Además, en la industria 4.0 se implementa nuevas tendencias tecnológicas donde el cliente pueda personalizar la línea de fabricación ubicando sensores y mecanismos en el sistema, asociándose a la fabricación del producto para mantenerlo informado sobre el estado del proceso en tiempo real [3],[4], facilitando una comunicación ágil y rápida, fomentando una respuesta eficiente ante posibles áreas de mejoras o problemas que interrumpan de manera negativa la producción [5].

La digitalización 4.0 busca optimizar procesos impulsados por las nuevas innovaciones que nos ofrece la inteligencia artificial (IA), proporcionando una gestión de calidad que ayude a que sea más eficaz y sostenible, ejerciéndola en sectores industriales, académicos e incluso en sectores públicos y privados, esta herramienta se aplica para conectar el trabajo conjunto entre lo virtual y lo humano [6].

Como se sabe, la tercera revolución Industrial empezó en los años 70 empleando la automatización de procesos, desarrollando un software y el uso de tecnología en sensores, pues trajo consigo muchas nuevas innovaciones beneficiosas para la década [6]. Pues hoy en día la revolución 4.0 supera las expectativas de todas las personas, lo ven como un bien común para todos que les beneficia en cualquier ámbito de su vida logrando una mayor competitividad digital con una combinación de alta calidad y alto precio [7],[8].

En Latinoamérica son pocos los países que abordan la adopción de tecnologías digitales, causado por la falta de madurez económica de cada organización como a la infraestructura tecnológica, otro motivo es desconocimiento para protegerse contra amenazas cibernéticas [9]. Asimismo, algunas otras preocupaciones son de preocupación para muchas empresas, un ejemplo de este es Argentina, que enfrentan desafíos significativos como la ausencia de una hoja de ruta clara y planificación para garantizar un adecuado desarrollo de procesos, seguridad y protección de datos en algunas empresas del país [10].

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LEIRD).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LEIRD).
DO NOT REMOVE

Muchas organizaciones llevan las nuevas tecnologías 4.0 para su desarrollo en la implementación exitosa de la gestión de calidad, pues existe una demanda de personal capacitado en todos los niveles de la organización que pueda manejar el desarrollo y producción en el futuro, es importante resaltar que el empleo de estas tecnologías avanzadas facilita la creación, operación y mantenimiento de sistemas de calidad que pueden prevenir, adaptarse y automatizarse, al mismo tiempo que promueven una interacción humana más efectiva mediante la planificación, aseguramiento y mejora de la calidad [3].

Esto permite alcanzar nuevos niveles de desempeño, eficiencia operativa y generación de ideas innovadoras, pues la Industria 4.0 destaca la importancia de complementar a la gestión de calidad para asegurar una eficiencia completa de la calidad en todas las operaciones de la cadena de valor [7],[11].

Actualmente la integración de la digitalización en la gestión de calidad ha transformado el panorama industrial en el control de producción en base a tecnologías avanzadas [12],[13],[14]. Sin embargo, todavía hay empresas que no han implementado esta actualización en su producción y presentan una serie de consecuencias negativas que afectan la eficiencia operativa, la competitividad, la calidad del producto, la capacidad de innovación en sus programas y la sostenibilidad financiera como organización [15].

Dado al creciente desarrollo de la industria 4.0, la presente elección del tema describe el impacto que se presenta en la gestión de calidad, analizando los cambios innovadores de integración en las tecnologías, que permiten una supervisión exacta de los procesos de producción facilitando la toma de medidas correctivas y a su vez, la implementación de una nueva innovación de sistemas inteligentes que son capaces de mejorar la gestión operativa en las organizaciones industriales [16],[17],[18].

Esta investigación se justifica socialmente por que sintetiza la literatura existente sobre la industria 4.0 y su incidencia en la gestión de calidad digitalizando y transformando los procesos industriales para ser aprovechadas en las empresas. Por tanto, el desarrollo de este trabajo muestra que tan importante es actualmente la nueva industria 4.0 en las organizaciones, ayudando a otras a comprender el impacto que hoy en día se da en muchas prácticas de calidad.

Por todo lo antes mencionado surge la pregunta de investigación: **¿Cuál es el impacto de la implementación de la industria 4.0 en la gestión de la calidad?**

Por tal motivo, se plantearon las preguntas complementarias implementando la estructura de **PICO** (Población, intervención, comparación y resultados), mostradas a continuación:

PC1: ¿Cuál es el impacto de la industria 4.0 en los diferentes sectores industriales?

PC2: ¿Cuáles son las herramientas de tecnologías de la industria 4.0 implementados en la mejora de la gestión de calidad?

PC3: ¿Qué efectos tuvieron las empresas al incorporar la industria 4.0?

Por tanto, el objetivo general es analizar la investigación expuesta en la base de datos “Scopus” sobre el impacto de la Industria 4.0 y sus herramientas en la gestión de calidad en los años 2021 -2024. En consecuencia, se planean los siguientes objetivos específicos: investigar y acopiar la información sobre la relación entre palabras claves, autores y países de los artículos escogidos, revisar como se organizaron los artículos por el número de publicaciones por años, ordenar la evidencia de la acumulación de las palabras claves más utilizadas; según las revistas con mayor relevancia y los autores más resaltantes. Asimismo, surge la necesidad de detallar el impacto de la industria 4.0 en los diferentes sectores industriales.

II. METODOLOGÍA

El propósito de la investigación es realizar una revisión sistemática referente a la Industria 4.0 y su desarrollo en la gestión de calidad, lo cual se elabora a partir de una investigación protocolizada en un análisis crítico según las diferentes herramientas utilizadas para el artículo. Una revisión sistemática es la investigación que recopila, sintetiza y planifica críticamente proporcionando un resumen en diferentes ámbitos con respecto a los artículos incluidos sobre un determinado tema, orientado a responder una pregunta en específico y las diferentes informaciones proporcionadas por los artículos [19].

Al evaluar críticamente la revisión, se empezó recopilando datos e información consultando estudios utilizando la estrategia de búsqueda electrónica, considerándose como oficial “Scopus”, hallándose estudios publicados en el reciente periodo desde el año 2021 al año 2024.

El análisis expuesto resalta un enfoque mixto siguiendo la guía de la DECLARACIÓN PRISMA 2020, reuniendo evidencias disponibles acerca del impacto de la Industria 4.0 en el sistema de gestión de calidad. Se detalla en la investigación que, el método de investigación seleccionado, por un lado, es cualitativo y por el otro cuantitativo y se enfoca en analizar las bases de datos y aspectos bibliométricos destacables para responder a preguntas de investigación planteada. Asimismo, el uso de esta metodología PRISMA

incorpora varias novedades conceptuales relacionadas con la metodología de la revisión sistemática, en las que se detalla la explicación o justificación [20].

La declaración PRISMA ha logrado su objetivo de diseño al aumentar la transparencia de la Revisión Sistemática, ofreciendo el suministro de datos creíbles y oportunos sobre una amplia gama de consultas [21] que son de mucha importancia en revisiones sistemáticas, es así que, el propósito de las revisiones es mejorar un proceso sistemático mientras se resumen la evidencia y se consideran los requisitos necesarios para tomar decisiones [22].

Por otro lado, se realiza la ejecución de aspectos bibliométricos, lo cual es una herramienta invaluable para tener una investigación objetivamente sobre el estado actual y la progresión de datos, al mismo tiempo que identifican avances satisfactorios [23].

En la ejecución del proceso PRISMA, se consideraron las variables de estudio “Industria 4.0” y “Gestión de calidad”, en el banco de datos “Scopus”. Se identificaron 33 951 documentos que luego pasaron por el filtro de parámetros de integración y descarte para asegurar la originalidad del material de estudio. Finalmente, terminaron incluidos 20 artículos que cumplieran con los criterios de la Tabla I y los filtros correspondientes, como documentos que sean de accesos abierto, dentro de la categoría Ingeniería, que sean artículos, que estén en el proceso final de publicación y las palabras clave de estudio.

TABLA I

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN E INCLUSIÓN PARA LA REVISIÓN

Código	Descripción del Criterio
CI1	Estudios cuya información esté relacionada con la gestión de la calidad
CI2	Estudios que evidencien el desarrollo de la industria 4.0 en la gestión de calidad
CI3	Estudios sobre la mejora de procesos con la Industria 4.0
CI4	Estudios deben contener tendencias actuales del desarrollo de la Industria 4.0 en la gestión de calidad
CE1	Estudios que estén fuera del rango (2021-2024)
CE2	Estudios que sean diferentes a “artículos”
CE3	Estudios diferentes en la línea “Engineering”
CE4	Estudios que no estén en el proceso final de publicación
CE5	Estudios que no presenten las palabras clave: Industria 4.0 y gestión de la calidad.
CE6	Estudios que no estén netamente enfocados a las herramientas empleadas de la industria 4.0

Fuente: Elaboración propia

Resultando la ecuación de búsqueda:
 (TITLE-ABS-KEY ("Industry 4.0") AND TITLE-ABSKEY (" QUALITY MANAGEMENT")) AND PUBYEAR > 2020 AND PUBYEAR < 2025 AND (LIMIT-TO (OA , "all")) AND (LIMIT-TO (PUBSTAGE , "final")) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA , "ENGI")) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE , "English")) AND (LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Industry 4.0") OR LIMIT- TO (EXACTKEYWORD , "Quality Management"))).

Después de la exhaustiva aplicación de criterios de selección, terminaron incluidos 20 artículos con análisis similares, siendo excluidos 18 de los artículos por no cumplir con los parámetros definidos en investigaciones, de los cuales no presentan el uso de herramientas en la gestión de calidad presentadas en la Fig. 1.

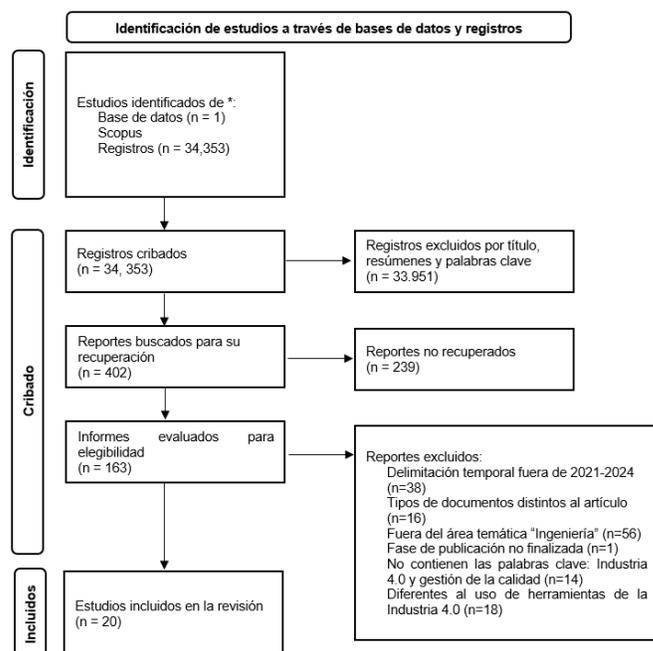


Fig. 1. Prisma 2024 Diagrama de flujo para nuevos estudios sistemáticos que incluyeron búsquedas solo en bases de datos y registros.

III. RESULTADOS

Se presenta la fase de resultados donde se muestra un resumen de todos los estudios incluidos en la investigación, tal como se observa en la Tabla II sobre la Industria 4.0 y su impacto en la gestión de calidad durante el periodo 2021-2024. Esta sección se divide en resultados bibliométricos, los cuales nos darán alcances sobre fortalezas y debilidades del estado del arte en el área temática estudiada y resultados de contenido, los que nos darán alcance de cómo ha avanzado la ciencia con respecto a la implementación de la industria 4.0.

que la relación es dependiente de izquierda a derecha, ya que en base a las palabras claves mostradas, se muestran los autores, y en base a estos últimos se muestra la distribución entre los países donde se publicaron. En tal sentido, las palabras claves con mayor frecuencia son “industry 4.0”, “quality management”, “decisión support system” y otras con menos frecuencia; entre los autores con mayor frecuencia tenemos a Wolniak, Agrawal, Fani, Bandinelli, Ciarapica, entre otros. Finalmente, con salida los países con mayor flujo son Argentina, Polonia, India, Italia y otros con menos frecuencia.

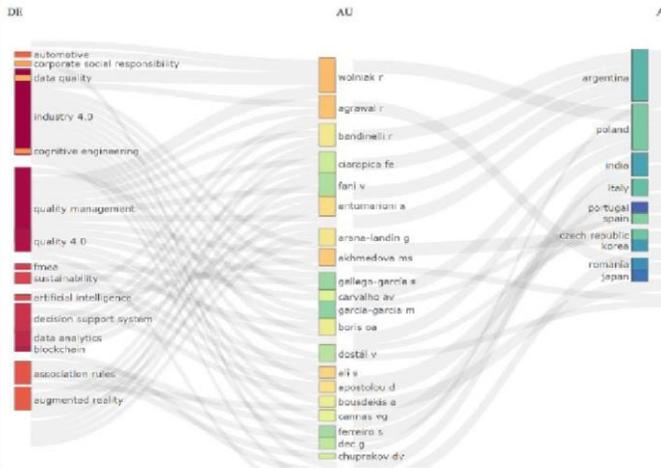


Fig. 4. Mapa de tres campos

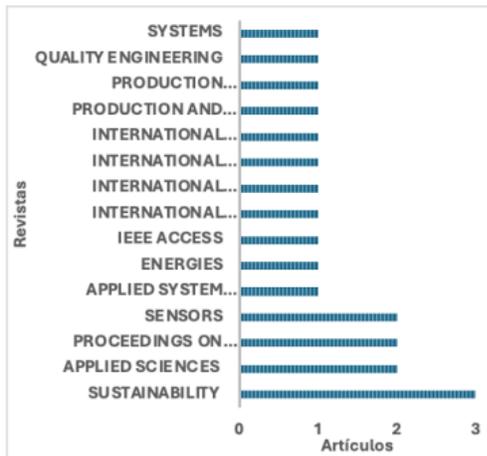


Fig.5. Revistas más relevantes

De las revistas seleccionadas en la Revisión Sistemática, fueron 4 las que tuvieron mayor relevancia en el tema de “Industria 4.0 en la gestión de calidad”, “Sustainability” fue la más relevante en publicar tres artículos sobre la Industria 4.0 en la gestión de calidad, mientras que, “Applied Sciences”, “Proceeding on Engineering Sciences” y “Sensors” tuvieron dos publicaciones cada una sobre el tema, por consiguiente las restantes revistas solo presentan un artículo cada uno, tal como se muestra en la Fig. 5, cabe resaltar, que 3 de las revistas

mencionadas pertenecen a la editorial MDPI (Multidisciplinary Digital Publishing Institute), una editorial con revistas de impacto que en su gran mayoría se indexan en Scopus y Web of Science (WoS), por lo que cuentan con CiteScore (Métrica de impacto de Scopus) y Impact Factor (Factor de impacto de WoS). Esto sugiere que los estudios tienen relevancia y visibilidad en la comunidad científica.

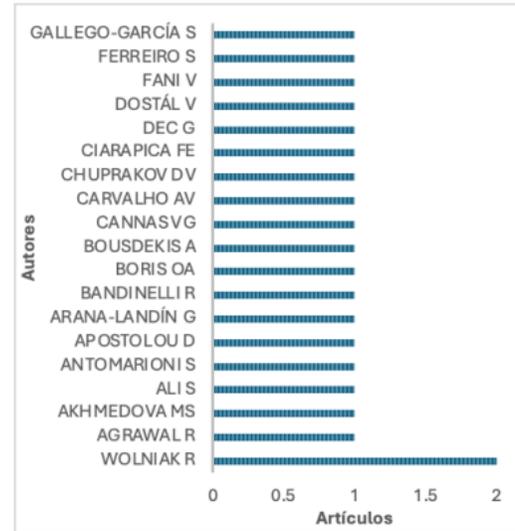


Fig. 5. Autores más relevantes

En la Fig. 6 se evidencia la gráfica sobre la relevancia en que los autores han publicado artículos en el contexto de “Industria 4.0 en la gestión de calidad”, mostrando que solo uno de ellos realizó dos artículos sobre el tema, mientras que, los otros autores solo uno. Esto sugiere que Wolniak R tiene mayor fundamento en su segundo estudio ya que ha profundizado más en el tema estudiado aumentando su productividad anual, lo que hace que su índice H en el tema crezca, lo que a su vez impacta en el efecto Lotka de los autores incluidos en todos los artículos

3.2 RESULTADOS DE CONTENIDO

A continuación, se presentan los cuadros resumen del contenido sobre todos los artículos empleados en la Revisión Sistemática literaria, se ha importado todo el contenido clave que dará respuesta a la pregunta de investigación.

Se identificó que, de los artículos aplicados, 12 corresponden a un estudio cualitativo, lo que se traduce a un 60% del total de estudios, mientras que 8 artículos son investigaciones cuantitativas (40%), pertinente a los 20 artículos seleccionados.

TABLA III
IMPACTO DE LA INDUSTRIA 4.0 EN LOS SECTORES INDUSTRIALES

Impacto de la implementación de la Industria 4.0 en la Gestión de Calidad	Sectores Industriales					
	Manufacturero	Automotriz	Metalúrgico	Comercial	Tecnológico	Financiero
Incrementa la toma de decisiones, optimiza el ciclo de vida de los productos			[36]		[10]	
Digitalización de los procesos y mayor nivel de control	[24] [30]				[33] [39]	[41] [28]
Garantiza la mejora y trazabilidad de los procesos y operaciones					[31]	[29]
Determina la probabilidad de defectos durante el periodo de calidad	[34] [35]	[37]		[27]	[25] [26] [38] [40]	
Reducir las emisiones de carbono y optimiza la cadena de suministro en el medio ambiente	[32]	[42]				
TOTAL DE ARTÍCULOS	5	2	1	1	8	3

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla III, se observa el impacto de la Industria 4.0 en los diferentes sectores Industriales. De los estudios revisados, el 40 %, con 8 artículos, corresponde a investigaciones del sector tecnológico, donde se aprecia el impacto de la Industria 4.0 en la gestión de la calidad, lo cual se ve reflejado en la capacidad de determinar la probabilidad de defectos en el proceso [25],[26],[38],[40], con un mayor nivel de control con la digitalización 4.0 [33],[39], lo que permite la optimización del ciclo de vida del producto [10].

Por otro lado, tenemos 1 artículo en el sector metalúrgico y comercial, cuyo impacto fue el incremento en la toma de decisiones [36], y la determinación de la probabilidad de fallas en el producto [27]. Mientras que solo dos estudios tanto en el sector manufacturero, y automotriz muestran el efecto de la adopción de la industria 4.0 a través de la reducción de emisiones de carbono, lo que aporta a una cadena de suministro sostenible [32],[42].

TABLA IV
TECNOLOGÍAS 4.0 UTILIZADAS EN LAS EMPRESAS

Herramientas de tecnologías de la Industria 4.0 implementadas en la mejora de la Gestión de Calidad	Referencias
Inteligencia artificial	[26],[31],[39],[30],[40]
Big data	[10],[24],[38],[41]
Aplicación del Análisis Modal, efectos de Fallo (FMEA)	[25],[34],[37],[27],[32]
Gemelos digitales, Blockchain	[33],[36],[29],[30]
Internet de las cosas (IoT)	[35],[42]

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla IV se observa las diferentes herramientas tecnológicas ilustradas en cada investigación que permitieron alcanzar el impacto positivo en la industria.

La inteligencia artificial [26],[31],[39],[30],[40], es la herramienta más utilizada en el sector tecnológico y manufacturero, mientras que las otras herramientas más aplicadas fueron el análisis modal y los efectos de fallo [25],[34],[37],[27],[32]. Se pueden combinar tanto la tabla III y tabla IV, y lograr un análisis comparativo por sectores y herramientas tecnológicas, evaluando el impacto de la tecnología en la industria. El sector financiero, introduce la Big data [41] y los gemelos digitales [29] como herramientas tecnológicas más empleadas, cuyo resultado es la mejora en la trazabilidad de los procesos y operaciones.

TABLA V
EFECTOS ENCONTRADOS EN LAS EMPRESAS POR CAUSA DE LA INDUSTRIA 4.0

Efectos de incorporar la Industria 4.0 en su sistema de Gestión de Calidad	Referencias	Total Artículos
Mejora el análisis de datos en procedimientos de calidad	[10],[24],[30],[33],[38],[41]	6
Optimiza la Cadena de Suministro	[25],[27],[31],[34],[35],[36],[37]	7
Innovación en el desarrollo de sus procesos	[26],[28],[29],[32],[39],[40],[42]	7

Fuente: Elaboración propia

Cabe mencionar que el efecto es positivo en la industria, y muestra la naturaleza de la respuesta a las preguntas PICO, cumpliendo con los objetivos planteados de este documento. Los efectos inmediatos de incorporar la industria 4.0 en los casos se muestran en la tabla V, donde el 35 % de los estudios examinados, alcanzan la innovación en el desarrollo de sus procesos, el otro 35% logra optimizar la cadena de suministro [25],[27],[31],[34],[35],[36],[37]. Por otro lado, el 30% de las investigaciones logran la mejora de los análisis de datos en los procedimientos de calidad [26],[28],[29],[32],[39],[40],[42].

IV. DISCUSIÓN

Comparando el impacto en la gestión de la calidad desarrollado en diferentes sectores industriales, algunos autores demostraron que, en la metalurgia, la eficiencia alcanzada mediante la detección de la probabilidad de defectos en el proceso de producción con PLC's evita problemas y elimina valores atípicos en el proceso [34],[35]. Así como, en el sector comercial, el cual determina los puntos más probables de

defectos para interceptar fallas durante el periodo de control de calidad [27].

Para Gejo et al. (2022) la adopción de la tecnología 4.0, contribuye optimizando el ciclo de vida de los productos en su caso en el sector metalúrgico aplicando un simulador cibernético con gemelos digitales. Por otro lado, el impacto en la cadena de valor haciendo una integración vertical y horizontal estandarizado en su sistema de calidad [10] aplicado en el sector tecnológico.

El impacto de la implementación de la industria 4.0 no presenta los mismos resultados en todos los sectores industriales, debido a las diferentes herramientas tecnológicas utilizadas, y a las diferencias en los niveles de madurez económica en la industria, pues en el sector manufactura, la gestión de la calidad alcanza un mayor nivel de control con la digitalización de los procesos [24],[30], mientras que otros autores afirman que con la aplicación del Análisis Modal, efectos de Fallo (FMEA) [25],[34],[37],[27],[32], se logra reducir las emisiones de carbono y optimizar la cadena de suministro en el medio ambiente [32],[42].

De los hallazgos encontrados, muestran como la digitalización 4.0 ayuda a reducir las emisiones de carbono y optimiza la cadena de suministro en el medio ambiente, por ejemplo, el estudio de Stawiarska et al. (2021), sobre el grado de madurez de la implementación de la Industria 4.0 en empresas automotrices y el estudio de Jamwal et al. (2022), sobre el análisis para la sostenibilidad en la fabricación en el sector manufacturero, comparten la idea de que a partir de usar técnicas de aprendizaje profundo puede ayudar a las industrias a hacer su producción más sostenible teniendo cambios complejos con el uso de tecnologías 4.0 en todas sus áreas funcionales y el más relevante en su área de producción.

Sobre la digitalización 4.0 en industrias en el sector manufacturero, contribuyó a la etapa de recopilación de datos y proporciono el monitorio constante de todo el proceso productivo, es decir, la detección de fallos o errores, empleando mantenimientos predictivos [24]. Mientras que, el impacto que tuvo industria 4.0 en el sector económico fue la mejora de la eficiencia energética de los procesos productivos [26]. En ambos mejorando su nivel de reducción de costos operativos, permitiendo que más recursos mejoren la calidad de los procesos.

La eficiencia por causa de la industria 4.0 se logra a través de la mejora y la recopilación del análisis de datos, lo cual contribuye al avance de la calidad en toda la línea de la producción [30]. Por otro lado hay otra propuesta de estudio, con la implementación estratégica de fábricas inteligentes, lo cual propicia una cadena de suministro más eficiente y adaptable; esto se debe porque se basan en construir un equipo

interdisciplinario, incluyendo especialistas en el sistema de calidad, lo cual les permite estar informados netamente sobre desarrollar realmente el enfoque de Calidad 4.0 [25].

La implementación de las tecnologías en los diferentes sectores industriales es necesaria para el control de calidad, pues ayudan a calibrar la estandarización en la fabricación de procesos, la implementación del Análisis Modal, efectos de Fallo (FMEA) [24],[42], donde su impacto aumenta los niveles de control de monitoreo de la calidad, eliminando los defectos de los productos [27]. Por otro lado, en la investigación sobre el sector tecnológico aplica el uso de la inteligencia artificial, lo que permite estandarizar y optimizar los procesos [31].

A su vez, se encontró que el nuevo enfoque de tipo tecnología en la Industria 4.0 en el sistema de calidad abierto habilitado “Blockchain”, está basado en proporcionar los datos de cada proceso y lograr un seguimiento de la fabricación en tiempo real [33]. Esto tiene una proximidad con los resultados, de otros estudios que aplicaron el sistema de FMEA mediante sensores y actuadores que se encargan de tomar decisiones rápidas donde se identificarán con precisión y rapidez [32],[34].

Las limitaciones de este estudio, refiere a desarrollar la necesidad de romper con la brecha de adaptarse a las actuales tecnologías, incorporando capacitaciones para que haya un cambio cultural de los empleados. Otra limitación encontrada es que los estudios se centran en la incorporación de tecnología 4.0 para industria con la madurez económica y la infraestructura tecnológica disponible, por lo que otras organizaciones de pequeña escala no pueden adaptarse en la mejora de la gestión de calidad

Se sugiere trabajar en esquemas científicos futuros cuya línea de investigación esté dirigido a la evaluación de modelos de nivel de madurez en las áreas funcionales [42], en sistemas de gestión de la calidad en pymes y empresas de grandes economías que puedan asumir soluciones modernas, flexibilidad en sus líneas de proceso y automatización en todos los niveles de la cadena de suministro.

V. CONCLUSIÓN

El desarrollo de la revisión sistemática cumplió con el análisis del impacto de la Industria 4.0 y sus herramientas en la gestión de calidad en los años 2021 -2024, mostrando los resultados de la implementación de herramientas o sistemas de las tecnologías 4.0 en los diferentes sectores industriales y cómo éstos han beneficiado su sistema de la Gestión de la Calidad. La gestión de la calidad, hoy considera un enfoque más sostenible y responsable para toda la gestión de proceso, coadyuvado con

la tecnología 4.0, con el potencial de disminuir el uso de energía y recursos innecesarios mediante la transmisión de informes y el análisis de las operaciones de producción. Las tendencias tecnológicas estudiadas en los artículos revisados proponen el uso de las herramientas de gestión TI como el Internet de las cosas, la Big data, los gemelos digitales, blockchain, el análisis modal, efectos de falla (FMEA), y fábricas inteligentes, para la búsqueda del crecimiento sostenible y la mejora significativa en la gestión de la calidad de procesos, productos y en toda la cadena de suministros. De manera que acoplar la industria 4.0 en cada etapa y proceso de la cadena de suministro, permite a toda organización evolucionar a un modelo automatizado de gestión de calidad en la industria, esto respalda ratios de productividad altos y un nivel de significancia superior en la mejora continua. Cabe mencionar que, el impacto de la implementación de la industria 4.0 no presenta los mismos resultados en todos los sectores industriales, debido a las diferentes herramientas tecnológicas utilizadas, y a las diferencias en los niveles de madurez económica.

REFERENCIAS

- [1] A. V. Tolmachev, A. A. Sozinova, N. K. Savelyeva, y V. A. Saidakova, «THE ATTRACTION OF DIGITAL PERSONNEL AND CORPORATE TRAINING IN QUALITY MANAGEMENT IN INDUSTRY 4.0 WITH A BALANCE BETWEEN SUSTAINABILITY AND COMPETITIVENESS», PES, vol. 5, n.o S2, pp. 311-326, nov. 2023, doi: 10.24874/PES.SI.02.010.
- [2] F. Psarommatis, J. Sousa, J. P. Mendonça, y D. Kiritsis, «Zerodefekt manufacturing the approach for higher manufacturing sustainability in the era of industry 4.0: a position paper», International Journal of Production Research, vol. 60, n.o 1, pp. 73-91, ene. 2022, doi: 10.1080/00207543.2021.1987551.
- [3] A. P. Castro-Martin y P. Silva-Naranjo, «Dispensador Inteligente de Frutos Secos para Producción Personalizada en la Industria 4.0», Revista Politécnica, vol. 52, n.o 2, Art. n.o 2, nov. 2023, doi: 10.33333/rp.vol52n2.02.
- [4] S. Wawak, A. Sutoova, D. Vykydal, y P. Halfarova, «Factors affecting Quality 4.0 implementation in Czech, Slovak and Polish organizations: Preliminary research», Adv produc engineer manag, vol. 18, n.o 3, pp. 345-356, sep. 2023, doi: 10.14743/apem2023.3.477.
- [5] «Sustainability | Free Full-Text | Quality 4.0: The EFQM 2020 Model and Industry 4.0 Relationships and Implications». Accedido: 7 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/6/3107>
- [6] F. F. da S. Vieira, M. H. R. Nascimento, C. C. L. Figueiredo, y A. S. do Nascimento, «DESVENDANDO O CONCEITO INDÚSTRIA 4.0 E O USO DE SUAS TECNOLOGIAS», ITEGAM-JETIA, vol. 5, n.o 19, Art. n.o 19, sep. 2019.
- [7] A. A. Solovyov, T. A. Dugina, S. E. Karpushova, y E. A. Zemlyacheva, «PRODUCT QUALITY MANAGEMENT IN INDUSTRY 4.0 BASED ON DIGITAL INSTITUTIONS», PES, vol. 5, n.o S2, pp. 327-340, nov. 2023, doi: 10.24874/PES.SI.02.011.
- [8] «Energies | Free Full-Text | Energy, Economic and Environmental (3E) Analysis for an Optimal CSP Technology Integration in Morocco». Accedido: 29 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/19961073/17/12/3020>
- [9] M. Toussaint, S. Krifa, y H. Panetto, «Industry 4.0 data security: A cybersecurity frameworks review», Journal of Industrial Information Integration, vol. 39, p. 100604, may 2024, doi: 10.1016/j.jii.2024.100604.
- [10] «Quality 4.0: technologies and readiness factors in the entire value flow life cycle». Accedido: 16 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/21693277.2023.2238797?src=getfr>
- [11] M.-A. Filz, J. P. Bosse, y C. Herrmann, «Digitalization platform for data-driven quality management in multi-stage manufacturing systems», J Intell Manuf, vol. 35, n.o 6, pp. 2699-2718, ago. 2024, doi: 10.1007/s10845-023-02162-9.
- [12] A. Ghasemi, F. Farajzadeh, C. Heavey, J. Fowler, y C. T. Papadopoulos, «Simulation optimization applied to production scheduling in the era of industry 4.0: A review and future roadmap», Journal of Industrial Information Integration, vol. 39, p. 100599, may 2024, doi: 10.1016/j.jii.2024.100599.
- [13] E. Espeute et al., «Smart electroactive self-repairable coating involving end-of-life aircraft prepregs by mechanical recycling», Journal of Cleaner Production, vol. 469, p. 143111, sep. 2024, doi: 10.1016/j.jclepro.2024.143111.
- [14] D. Hua et al., «A new industrially magnetic capsule MedRobot integrated with smart motion controller», Int J Adv Manuf Technol, vol. 133, n.o 9, pp. 4561-4577, ago. 2024, doi: 10.1007/s00170-024-13986-x.
- [15] F. El Zahraa Magdy, H. M. Hasanien, W. Sabry, Z. Ullah, A. Alkuhayli, y A. H. Yakout, «Optimal Artificial Intelligence Technique for LVRT Capability Improvement of a Grid-tied Wind Energy Conversion System: A MGOANFIS-PI Methodology», Ain Shams Engineering Journal, vol. 15, n.o 8, p. 102876, ago. 2024, doi: 10.1016/j.asej.2024.102876.
- [16] V. B. Ribeiro, D. Nakano, J. Muniz Jr., y R. B. de Oliveira, «Knowledge management and Industry 4.0: a critical analysis and future agenda», Gest. Prod., vol. 29, p. e5222, dic. 2022, doi: 10.1590/1806-9649-2022v29e5222.
- [17] A. Subash, H. N. Ramanathan, y M. Šostar, «From catch to consumer: enhancing seafood processing management with Industry 4.0 innovations», Discov Food, vol. 4, n.o 1, p. 43, jun. 2024, doi: 10.1007/s44187-024-00115-6.
- [18] U. V. Ashmarina, Z. V. Gornostaeva, A. A. Sozinova, G. Kumar Kantak, y N. K. Savelyeva, «RESPONSIBLE HRM IN THE QUALITY MANAGEMENT SYSTEM AT ENTERPRISES OF INDUSTRY 4.0 IN RUSSIA», PES, vol. 5, n.o S2, pp. 221-234, nov. 2023, doi: 10.24874/PES.SI.02.004.

- [19] E. T. Rother, «Revisión sistemática X revisión narrativa», *Acta paul. enferm.*, vol. 20, pp. v-vi, jun. 2007, doi: 10.1590/S010321002007000200001.
- [20] «PRISMA_Spanish.pdf». Accedido: 17 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: https://es.cochrane.org/sites/es.cochrane.org/files/uploads/PRISMA_Spanish.pdf
- [21] D. Moher et al., «Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement», *Systematic Reviews*, vol. 4, n.o 1, p. 1, ene. 2015, doi: 10.1186/2046-4053-4-1.
- [22] S. E. Kelly, D. Moher, y T. J. Clifford, «Quality of conduct and reporting in rapid reviews: an exploration of compliance with PRISMA and AMSTAR guidelines», *Systematic Reviews*, vol. 5, n.o 1, p. 79, may 2016, doi: 10.1186/s13643016-0258-9.
- [23] W. Sun, W. Wu, X. Dong, y G. Yu, «Frontier and hot topics in the application of hydrogel in the biomedical field: a bibliometric analysis based on CiteSpace», *J Biol Eng*, vol. 18, n.o 1, p. 40, jul. 2024, doi: 10.1186/s13036-024-00435-2.
- [24] R. Pozzi, V. G. Cannas, y T. Rossi, «Data Science Supporting Lean Production: Evidence from Manufacturing Companies», *Systems*, vol. 12, n.o 3, Art. n.o 3, mar. 2024, doi: 10.3390/systems12030100.
- [25] «Full article: Mutual combination of selected principles and technologies of Industry 4.0 and quality management methods - case study». Accedido: 11 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/08982112.2023.2193895>
- [26] «Energies | Free Full-Text | The Contribution of Lean Management—Industry 4.0 Technologies to Improving Energy Efficiency». Accedido: 11 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1996-1073/16/5/2124>
- [27] «Applied Sciences | Free Full-Text | Data Mining and Augmented Reality: An Application to the Fashion Industry». Accedido: 12 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2076-3417/13/4/2317>
- [28] A. A. Sozinova, N. K. Savelyeva, D. V. Chuprakov, y V. A. Saidakova, «QUALITY MANAGEMENT IN INDUSTRY 4.0 THROUGH THE MOVEMENT OF LABOR RESOURCES TOWARDS THE “CORE” OF THE DIGITAL ECONOMY», *PES*, vol. 5, n.o S2, pp. 341-354, nov. 2023, doi: 10.24874/PES.SI.02.012.
- [29] M. Sh. Akhmedova, K. A. Meliksetyan, A. A. Krutilin, y O. A. Boris, «THE ROLE OF QUALITY MANAGEMENT IN THE DEVELOPMENT OF HIGH-TECH INDUSTRIAL ENTERPRISES IN THE CONTEXT OF INDUSTRY 4.0», *PES*, vol. 5, n.o S2, pp. 207-220, nov. 2023, doi: 10.24874/PES.SI.02.003.
- [30] A. Bousdekis, K. Lepenioti, D. Apostolou, y G. Mentzas, «Data analytics in quality 4.0: literature review and future research directions», *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, vol. 36, n.o 5, pp. 678-701, may 2023, doi: 10.1080/0951192X.2022.2128219.
- [31] A. V. Carvalho y T. M. Lima, «Quality 4.0 and Cognitive Engineering Applied to Quality Management Systems: A Framework», *Applied System Innovation*, vol. 5, n.o 6, Art. n.o 6, dic. 2022, doi: 10.3390/asi5060115.
- [32] A. Jamwal, R. Agrawal, y M. Sharma, «Deep learning for manufacturing sustainability: Models, applications in Industry 4.0 and implications», *International Journal of Information Management Data Insights*, vol. 2, n.o 2, p. 100107, nov. 2022, doi: 10.1016/j.jjimei.2022.100107.
- [33] «Sustainability | Free Full-Text | Blockchain-Enabled Open Quality System for Smart Manufacturing: Applications and Challenges». Accedido: 12 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/18/11677>
- [34] «Sustainability | Free Full-Text | Developing a Quality 4.0 Implementation Framework and Evaluating the Maturity Levels of Industries in Developing Countries». Accedido: 12 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/18/11298>
- [35] K. Kubiak, G. Dec, y D. Stadnicka, «Possible Applications of Edge Computing in the Manufacturing Industry—Systematic Literature Review», *Sensors*, vol. 22, n.o 7, Art. n.o 7, ene. 2022, doi: 10.3390/s22072445.
- [36] J. Gejo-García, J. Reschke, S. Gallego-García, y M. GarcíaGarcía, «Development of a System Dynamics Simulation for Assessing Manufacturing Systems Based on the Digital Twin Concept», *Applied Sciences*, vol. 12, n.o 4, Art. n.o 4, ene. 2022, doi: 10.3390/app12042095.
- [37] University of Pitesti et al., «A MODEL FOR MONITORING OF THE 8D AND FMEA TOOLS INTERDEPENDENCE IN THE ERA OF INDUSTRY 4.0», *IJMMT*, vol. 14, n.o 3, pp. 8691, dic. 2022, doi: 10.54684/ijmmt.2022.14.3.86.
- [38] G.-O. Meritxell, B. Sierra, y S. Ferreiro, «On the Evaluation, Management and Improvement of Data Quality in Streaming Time Series», *IEEE Access*, vol. 10, pp. 81458-81475, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3195338.
- [39] R. Wolniak, «The concept of operation and production control», *Production Engineering Archives*, vol. 27, n.o 2, pp. 100-107, jun. 2021, doi: 10.30657/pea.2021.27.12.
- [40] Z. Nedelko, «What Drives the Usage of Management Tools Supporting Industry 4.0 in Organizations?», *Sensors*, vol. 21, n.o 10, Art. n.o 10, ene. 2021, doi: 10.3390/s21103512. [41] N. Ngoc Thach, H. Thanh Hanh, D. T. Ngoc Huy, S. Gwozdziewicz, L. T. Viet Nga, y L. T. Thanh Huong, «TECHNOLOGY QUALITY MANAGEMENT OF THE INDUSTRY 4.0 AND CYBERSECURITY RISK MANAGEMENT ON CURRENT BANKING ACTIVITIES IN EMERGING MARKETS - THE CASE IN VIETNAM», *IJQR*, vol. 15, n.o 3, pp. 845-856, ago. 2021, doi: 10.24874/IJQR15.03-10.
- [42] E. Stawiarska, D. Szwajca, M. Matusek, y R. Wolniak, «Diagnosis of the Maturity Level of Implementing Industry 4.0 Solutions in Selected Functional Areas of Management of Automotive Companies in Poland», *Sustainability*, vol. 13, n.o 9, Art. n.o 9, ene. 2021, doi: 10.3390/su13094867.
- [43] Md. A. Shabur, «A comprehensive review on the impact of Industry 4.0 on the development of a sustainable environment», *Discov Sustain*, vol. 5, n.o 1, p. 97, may 2024, doi: 10.1007/s43621-024-00290-7.