

Sistemas de gestión de calidad y Blockchain en la era de la industria 4.0: Revisión de literatura

Kristian Petkoff Bankoff[✉], Rocío Muñoz[✉], Ariel Pasini[✉], and Patricia Pesado[✉]

III-LIDI, Facultad de Informática
Universidad Nacional de La Plata, Argentina
{kpb, rmunoz, apasini, ppesado}@lidi.info.unlp.edu.ar

Resumen Los sistemas de gestión de la calidad surgieron durante el siglo XX catalizados por una corriente de concientización sobre la calidad en las organizaciones para que las mismas adopten cambios culturales que promuevan la mejora de la calidad no ya del producto o servicio prestado sino de todos los procesos e incluso de las personas mismas. La evolución misma de la computación a la par de los modelos de calidad ayudó a que se utilicen herramientas informáticas para asistir a la implementación de los sistemas de gestión de la calidad; sin embargo, la inercia de cambio de la informática es superior a la de los modelos de mejora utilizados en la gestión de la calidad y propicia que se reflexione sobre la necesidad de adoptar nuevas tecnologías en estos sistemas como parte integral de los mismos y no solo por el contexto del negocio. En este sentido, se propone analizar publicaciones que permitan relacionar tecnologías disruptivas como Blockchain con sistemas o modelos ya bien establecidos como los definidos en ISO 9001 de cara a la cuarta revolución industrial, en la que la calidad de los productos, de los servicios y la optimización de los procesos es central.

Keywords: Quality Management, 4.0 Industry, Blockchain, Smart Contracts

1. Introducción

Los sistemas de gestión de la calidad surgieron durante el siglo XX catalizados por una corriente de concientización sobre la calidad en las organizaciones para que las mismas adopten cambios culturales que promuevan la mejora de la calidad no solo del producto o servicio prestado sino de todos los procesos e incluso de las personas mismas. La evolución misma de la computación, a la par de los modelos de calidad, llevó a que se utilicen herramientas informáticas para asistir a la implementación de los sistemas de gestión de la calidad; sin embargo, la inercia de cambio de la informática es superior a la de los modelos de mejora utilizados en la gestión de la calidad[1] y propicia que se reflexione sobre la necesidad de adoptar nuevas tecnologías en estos sistemas como parte integral de los mismos y no solo por el contexto del negocio. En este sentido, se

propone analizar publicaciones que permitan relacionar tecnologías disruptivas como Blockchain con sistemas o modelos ya bien establecidos como los definidos en ISO 9001 de cara a la cuarta revolución industrial, en la que la calidad de los productos, de los servicios y la optimización de los procesos es central.

2. Contexto

Esta revisión de literatura surge a partir de hallazgos en el marco del trabajo de tesina de licenciatura titulado “Asistencia a la auditoría de sistemas de gestión basados en normas ISO, un enfoque orientado a la industria 4.0 utilizando contratos inteligentes”. Durante la fase de análisis del estado del arte no se hallaron publicaciones que vincularan de forma directa a los tres temas fundamentales que se abordan; sin embargo, en [1] se trata la adaptabilidad de los modelos de calidad frente a los cambios que se dan en la cuarta revolución industrial y se concluye que se requieren actualizaciones profundas en éstos para que la evolución constante sea posible.

2.1. Sistemas de gestión de la calidad

Existen diferentes versiones de calidad que giran en torno a conceptos como la conformidad con los requerimientos, el cumplimiento de expectativas y la adecuación al uso. En la búsqueda de garantizar la calidad de sus productos y servicios, han surgido diversas corrientes de gestión de la calidad a lo largo del siglo XX, motorizadas por los así llamados gurús de la calidad[2]. Los aspectos clave de la gestión de la calidad que se plasman en el modelo de la norma ISO 9001 implican la definición de una política de calidad, la planificación, el control, el aseguramiento y la mejora. Un sistema de gestión de la calidad basado en ISO 9001 consiste en un conjunto de definiciones estratégicas, de productos, de servicios, de clientes y de procesos necesarios para la producción de los bienes y servicios con los que se espera satisfacer al cliente. Tales procesos (además de los productos) son medidos, controlados y mejorados utilizando herramientas como el ciclo PDCA (del inglés *plan, do, check, act*: planificar, hacer, verificar, actuar). Este modelo se basa en la premisa de que aplicar procesos de calidad permiten generar productos de calidad, y que las organizaciones deben buscar permanentemente la mejora para optimizar sus procesos productivos en pos de lograr la calidad. Una de las más grandes dificultades que representa la implementación de un sistema de gestión de la calidad es el esfuerzo de generar y mantener un conjunto de documentos, procedimientos y registros exhaustivos sobre sus procesos y su historia de ejecución. Sin embargo, una organización solo puede mejorar y garantizar calidad si se conoce primero a sí misma, y esto solo se logra a través de la disponibilidad de datos e información.

2.2. Industria 4.0

El concepto de Industria 4.0, o cuarta revolución industrial, se menciona por primera vez en Alemania en el año 2011[3] y representa cómo la incorporación

de recursos de hardware, de software y de redes modifica la forma en que las industrias llevan adelante sus operaciones, produciendo fábricas inteligentes y no solo procesos asistidos con computadoras. Las principales características de los modos de producción y de las organizaciones enmarcadas en esta revolución son la cooperación global, el intercambio permanente de gran cantidad de datos, la generación de resúmenes e información de forma automatizada, el uso de sensores y otros recursos digitales para registrar más y mejor todas las actividades desarrolladas. Como resultado de la integración de las herramientas digitales en todo el proceso de producción, control y decisión, se obtienen beneficios que son rectores en las industrias 4.0: reducción de costos operativos, optimización del desperdicio, optimización de la comunicación entre todos los stakeholders, involucramiento de los clientes y la obtención de productos de mayor funcionalidad y calidad.

2.3. Blockchain

Blockchain es una tecnología de base de datos descentralizada que provee un mecanismo de garantía de inmutabilidad y de ausencia de una entidad centralizada para la toma de decisiones en las operaciones sobre los datos. Esto se logra mediante los algoritmos de consenso, que establecen protocolos para que los nodos participantes decidan de manera autárquica cuándo un bloque de datos es válido y cuándo no[4]. La descentralización y la inmutabilidad (garantizada mediante criptografía asimétrica) han dado paso a algunas implementaciones exitosas, sobre todo en el negocio de la banca y las finanzas[5]. Con el tiempo se ha dado paso a más negocios en los que las herramientas basadas en esta tecnología hacen un aporte beneficioso, llegando incluso a plantearse que en cierta medida es propulsor de una revolución en la informática[6]. Una de las herramientas más relevantes basada en Blockchain son los contratos inteligentes. Estos contratos son aplicaciones de software programadas para ejecutar acciones predefinidas al alcanzarse condiciones acordadas por dos entidades o nodos, sin necesidad de tener confianza entre sí, registrando todo en una base de datos que garantiza la inmutabilidad. Es interesante mencionar que el registro es tanto de la evidencia que permite establecer que las condiciones están dadas, como el propio contrato en sí mismo. El contrato, por lo tanto, no podrá ser alterado por ninguna de las partes ni por terceros ya que violaría uno de los principios de la red. Es en este sentido que esta tecnología, que se puede nutrir de datos que surgen de otras piezas de hardware, de software o de la red, está alineada con principios de optimización de procesos, de negocio y de integración de herramientas digitales en el núcleo de los más diversos negocios.

3. Revisión Bibliográfica

En esta sección se presentan los objetivos y los criterios bajo los cuales se realizó la búsqueda para el relevamiento. La misma está orientada a establecer nexos entre pares de temas para, finalmente, vincular los tres tópicos entre sí, teniendo en cuenta que no existen publicaciones que aborden esta vinculación.

3.1. Objetivos

El principal objetivo de este trabajo es verificar si existe, dentro de la literatura de cada uno de los tres temas principales, publicaciones a partir de las cuales se pueda establecer una red que vincule a los sistemas de gestión de calidad (u otros similares compatibles como, por ejemplo, sistemas de gestión ambiental) con la industria 4.0 y con tecnología Blockchain, con la mira puesta en la adaptación de los primeros a estas corrientes industriales e informáticas que surgen como novedad. Para organizar la investigación se dividió a este objetivo en los siguientes tres sub-objetivos:

- Encontrar relaciones entre publicaciones para definir si los sistemas de gestión de la calidad son compatibles o adaptables a los procesos de las industrias 4.0.
- Analizar la situación de los sistemas de gestión de la calidad al contexto de la cuarta revolución industrial.
- Determinar si existen otras líneas de investigación relacionadas con la implementación de sistemas de gestión de la calidad con tecnología Blockchain.

3.2. Búsqueda

Para recopilar publicaciones relacionadas con la gestión de calidad, industrias 4.0 y Blockchain se realizó una búsqueda en los motores Scopus y ResearchGate utilizando las expresiones “quality management” AND blockchain, “quality management” AND 4.0 AND (industries OR industry), blockchain AND 4.0 AND (industries OR industry). Los resultados fueron sometidos a un primer análisis en base a su abstract para filtrar aquellos mejor ajustados al alcance de la investigación.

3.3. Alcance

Se acotó el alcance de la revisión a publicaciones relacionadas a sistemas de gestión de la calidad con modelos compatibles o basados en las normas ISO 9001, ISO 14001, ISO/IEC 17025, ISO 45001; también a experiencias de aplicación de sistemas de gestión en industrias, a la incidencia de la digitalización y a la temática de industrias 4.0 en los procesos de organizaciones, tengan o no implementados sistemas de gestión. Por otra parte, se hizo una selección de aquellas publicaciones sobre Blockchain o Smart Contracts que tienen relación con aspectos clave de un sistema de gestión, tales como el manejo de evidencia, versionamiento y control de procesos. La recopilación de material fue realizada entre diciembre de 2021 y febrero de 2022, seleccionando los artículos que tuvieran una mejor interrelación entre pares de los tres tópicos principales, obteniendo así 26 publicaciones a revisar. A su vez, de la base de literatura encontrada, se tomó un criterio de selección de los artículos más recientes por tratarse de una línea de trabajo sobre temas de actualidad. La carencia de publicaciones que vinculen a la totalidad de la temática abordada se observa como resultado de las búsquedas aún antes de tomar la decisión de acotar el alcance de la revisión.

3.4. Publicaciones identificadas

La tabla 1 presenta las 26 publicaciones recopiladas con su categorización según los temas que se abordan dentro del interés de esta revisión.

Tabla 1: Publicaciones relevadas

Título	B	I4	C
<i>Data quality certification using ISO/IEC 25012: Industrial experiences</i> [7]			X
<i>The Computerized Maintenance Management System an Essential Tool for World Class Maintenance</i> [8]			X
<i>A process approach to ISO/IEC 17025 in the implementation of a quality management system in testing laboratories</i> [9]			X
<i>A proposal of model for a quality management system in research testing laboratories</i> [10]			X
<i>ISO 9001:2015 Adoption: A Multi-Country Empirical Research</i> [11]			X
<i>Proposal for a maintenance management system in industrial environments based on ISO 9001 and ISO 14001 standards</i> [12]			X
<i>Quality of the ISO 9000 series of standards-perceptions of quality management experts</i> [13]			X
<i>Recertification of a Quality Management System based on ISO 9001 - Is it a must for a modern manufacturing company?</i> [14]			X
<i>System proposal for implementation of risk management in the context of ISO/IEC 17025</i> [15]			X
<i>System quality and security certification in seven weeks: A multi-case study in Spanish SMEs</i> [16]			X
<i>Blockchain Enabled Quality Management in Short Food Supply Chains</i> [17]	X		X
<i>Evidence Management System Using Blockchain and Distributed File System (IPFS)</i> [18]	X		X
<i>Are QM models aligned with Industry 4.0? A perspective on current practices</i> [1]		X	X
<i>Procedure for Defining the System of Objectives in the Initial Phase of an Industry 4.0 Project Focusing on Intelligent Quality Control Systems</i> [19]		X	X
<i>Quality Culture of Manufacturing Enterprises: A Possible Way to Adaptation to Industry 4.0</i> [20]		X	X
<i>Quality management in the 21st century enterprises: Research pathway towards Industry 4.0</i> [21]		X	X
<i>Re-Engineering of Logistics Business Processes Influenced by the Digitalization</i> [22]		X	
<i>Blockchain Enterprise: Use Cases on Multiple Industries</i> [23]	X	X	
<i>Blockchain Technology: A Fundamental Overview</i> [24]	X	X	

<i>Blockchain Technology Applications for Next Generation</i> [25]	X	X	
<i>EPS-ledger: Blockchain hyperledger sawtooth-enabled distributed power systems chain of operation and control node privacy and security</i> [26]	X	X	
<i>Significance of Blockchain Technologies in Industry</i> [27]	X	X	
<i>Blockchain. La revolución industrial de internet</i> [6]	X	X	
<i>Construction of Blockchain Technology Audit System</i> [28]	X		
<i>Decentralized collaborative business process execution using blockchain</i> [29]	X		
<i>A blockchain-based integrated document management framework for construction applications</i> [30]	X		

4. Resultados

4.1. Representación gráfica

En la figura 1 se muestra la relación de los artículos relevados, permitiendo visualizar fácilmente la ubicación de cada publicación en el contexto de las dimensiones planteadas y el nivel de cohesión entre los términos.

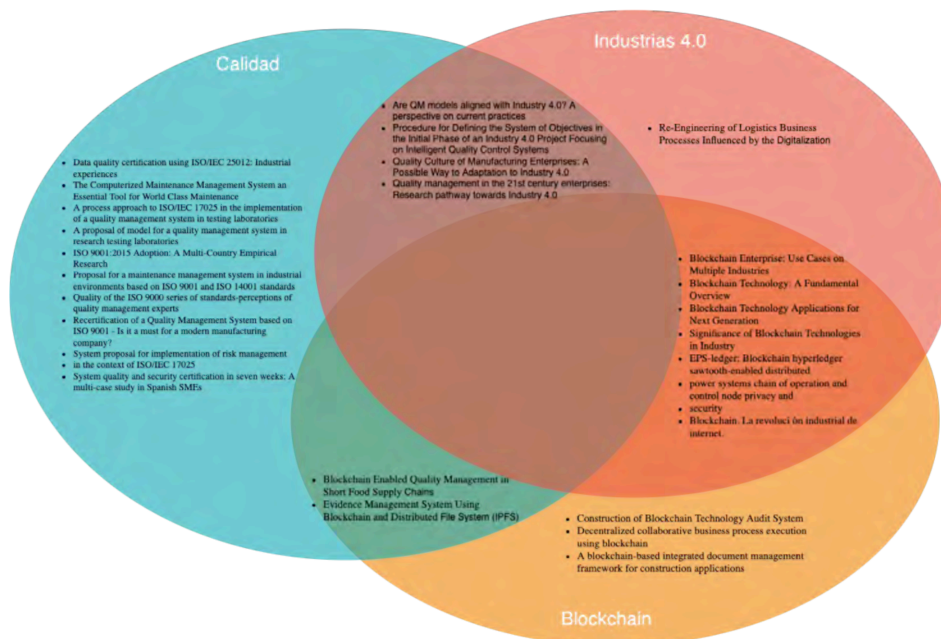


Figura 1. Diagrama de las tres dimensiones y los artículos relevados

4.2. Análisis

Al analizar los artículos relevados se encontró que, del total de publicaciones seleccionadas, un 15 % respondía de forma directa a los tópicos de calidad y de industria 4.0 como temas principales, un 24 % coincidía en las claves Blockchain e industria 4.0 y un 8 % relacionaba de forma directa Blockchain con gestión de calidad. En la tabla 2 se listan los temas y la proporción de publicaciones que los abordaban, de forma aislada del resto de manera que una publicación relacionada con dos temas es sumada en los dos tópicos correspondientes de la tabla. De la literatura seleccionada que aborda temas individualmente se encuentran relaciones en el texto que permiten establecer vínculos entre Blockchain y gestión de calidad (8 %) y entre calidad e industria 4.0 (8 %).

Tabla 2: Resumen por temas

Tema	Cantidad	%
Blockchain	11	42,3 %
Industria 4.0	11	42,3 %
Gestión de calidad	16	61,5 %
Total	26	100 %

También se observa que las búsquedas realizadas no produjeron resultados que vinculen de forma directa a los tres tópicos. Sin embargo, al realizar un análisis en función de una lectura del cuerpo de las publicaciones y en particular de las conclusiones y discusiones que se plantean en los mismos, sí puede establecerse una red de conceptos que conectan a los temas buscados. Para comenzar, Asif en [1] concluye que la gestión de la calidad como fue concebida en el siglo XX naturalmente no contiene los fundamentos de la industria 4.0 y que una adaptación sustancial incorporando nuevas tecnologías es necesaria para llevarla adelante de cara a las industrias digitales del siglo XXI, ya que estas producen cambios y procesos inteligentes que son más rápidos que los métodos tradicionales de gestión de calidad de hoy en día. Algunos aspectos a considerar al integrar la gestión de la calidad con un modelo de negocio alineado con la industria 4.0 es el control de la calidad en la tercerización y los procesos de cadena de suministro que integran a distintas organizaciones, de manera que se garantice la optimización de los costos, del uso de los recursos y de la calidad misma. En [21] se proponen preguntas de investigación futura como qué cambios son necesarios en la gestión de la calidad para comprometer el desarrollo humano con tecnologías emergentes como Blockchain, IoT, Big Data, cadenas de suministro inteligentes; cómo gestionar la tercerización e integración de procesos multi organizacionales en la era de la industria 4.0; cómo desarrollar intercambios de calidad con el soporte de métodos sofisticados para las cadenas de suministro inteligentes. Es de interés para este análisis remarcar que la adquisición de recursos es uno de los aspectos clave que se deben atender al implementar un sistema de gestión de la calidad.

La norma ISO 9001 para la implementación de sistemas de gestión de calidad puede ser aplicado a cualquier tipo de organización, sin importar el tipo de

industria en el que opera. Actualmente existen más de un millón de compañías e instituciones certificadas bajo la norma ISO 9001 (año 2021). Muchas organizaciones han comenzado a tratar a los sistemas de gestión de la calidad no solo como un mecanismo para alcanzar la performance organizacional sino también como un punto de partida para la construcción de sistemas integrados más complejos de producción. La implementación de sistemas de gestión de la calidad mejora la predictibilidad del comportamiento de los procesos y, por lo tanto, mejora la eficiencia de las organizaciones y optimiza el uso de recursos[14], lo que coincide con preceptos fundamentales de las industrias 4.0. Entre los aspectos más resaltados durante un relevamiento presentado en [14] se menciona que la reducción de costos y la eliminación de registros que afectan la eficiencia de trabajo sin aportar información relevante a los procesos en pos de optimizarlos.

Otros sistemas de gestión son compatibles con ISO 9001 sin ser específicamente de calidad, ya que en los últimos años se ha realizado una adaptación de muchos de los modelos para que tengan un cuerpo documental estandarizado. Uno de estos casos son los sistemas de gestión ambiental definidos en la familia ISO 14000. El control de los materiales utilizados es un aspecto clave para la certificación del sistema de gestión ambiental; Castillo-Martinez y col. en [12] proponen una arquitectura de sistema en la que se optimice el intercambio de información entre distintas áreas mediante la adopción de herramientas y tecnología que automatice estos procesos, haciendo hincapié en el registro de cada uso de los distintos materiales y el seguimiento del ciclo de vida de los mismos. Si bien los sistemas de gestión ambiental buscan como objetivo principal mejorar las prácticas ambientales, la optimización de costos sobre todo en la gestión de residuos está dentro de sus incumbencias y es consecuente con las industrias 4.0.

La relación del tópico de Blockchain surge al analizar los requerimientos de los sistemas de gestión de la calidad, que basan su método en el registro de evidencia sobre las acciones para propiciar una toma de decisiones y un seguimiento de las acciones de mejora o de corrección que se propongan durante su mantenimiento. Las auditorías suponen también el control de la correcta ejecución de los procedimientos predefinidos y la integridad del registro correspondiente, que son tareas en general bien cubiertas por herramientas implementadas sobre Blockchain[18][30]. Por otra parte, la tecnología Blockchain está ganando cada vez más lugar en diversos casos de uso y por lo tanto al garantizar la calidad de una organización cuyos procesos se soporten en esta tecnología permitiría catalizar una migración de los sistemas de gestión de la calidad hacia tecnologías Blockchain como por ejemplo los contratos inteligentes[25][26].

5. Conclusiones

Se identificó y relevó una cantidad de artículos relacionados con los términos Blockchain, Industria 4.0 y Gestión de calidad, realizando búsquedas con distintas combinaciones de pares de temas. Una vez organizados según la temática en un orden que permite pasar desde la calidad hacia Blockchain a través de las coincidencias en la dimensión de industrias 4.0, se establecieron puntos de

contacto entre las tres temáticas que no eran evidentes a simple vista ni a través de las palabras clave. La calidad es resultado y a la vez es requerida por las industrias digitales y al mismo tiempo la tecnología Blockchain (por ejemplo a través de los contratos inteligentes) es una herramienta cada vez más presente en las industrias 4.0, por lo que en cuanto a los objetivos planteados podemos concluir que:

Encontrar relaciones entre publicaciones para definir si los sistemas de gestión de la calidad son compatibles o adaptables a los procesos de las industrias 4.0. Los sistemas de gestión de la calidad son adaptables a la industria 4.0 pero deberían realizar una transformación que permita una mejor resiliencia ante los cambios motorizados por la evolución digital, y en este sentido podrían realizar su propia revolución de la calidad en el marco de la revolución de la industria.

Analizar la situación de los sistemas de gestión de la calidad al contexto de la cuarta revolución industrial. Los sistemas de gestión de la calidad se concibieron como herramientas que permitían garantizar al cliente que el producto que se le suministraba cumpliría con sus expectativas aún antes de evaluarlo. En cierta medida funcionaron como un herramienta comercial; en el contexto de la cuarta revolución industrial, los sistemas de gestión de la calidad corren riesgo de quedar relegados por los cambios que promueve la propia digitalización de las industrias, lo que les permitiría introducir mejoras en otros aspectos clave como la optimización de costos. Sin embargo los sistemas de gestión de la calidad son compatibles con la industria 4.0 porque no introducen restricciones de ningún tipo al objeto ni a los objetivos del sistema.

Determinar si existen otras líneas de investigación relacionadas con la implementación de sistemas de gestión de la calidad con tecnología Blockchain. Si bien existen investigaciones o implementaciones de algunos aspectos claves de la gestión de la calidad (como el control documental o el registro de evidencia controlada), no se han hallado otros autores o instituciones que traten específicamente este tema, pero la relación entre las publicaciones relevadas permite catalogarla como investigación futura.

Referencias

- [1] Muhammad Asif. *Are QM models aligned with Industry 4.0? A perspective on current practices*. Vol. 258. 2020, pág. 120820. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120820>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620308672>.
- [2] Mario G. Piattini Velthuis, Félix O. García Rubio e Ismael Caballero Muñoz-Reja. *Calidad de Sistemas Informáticos*. Alfaomega Grupo Editor, 2007. Cap. 1. ISBN: 84-7897-734-1.

- [3] Klaus Schwab. *The Fourth Industrial Revolution*. World Economic Forum, 2016. Cap. 1. ISBN: 978-84-9992-699-5.
- [4] Anamika Chauhan y col. *A Deep Dive into Blockchain Consensus Protocols*. Ed. por Yu-Dong Zhang y col. Singapore: Springer Singapore, 2022, págs. 571-581. ISBN: 978-981-16-4016-2.
- [5] Nirmal K. Gupta y col. *State of the Art and Challenges in Blockchain Applications*. Ed. por Arun K. Somani y col. Singapore: Springer Singapore, 2022, págs. 311-320.
- [6] Alexander Preukschat y col. *Blockchain. La revolución industrial de internet*. Barcelona, Spain: Centro Libros PAPP, S. L. U., 2017. ISBN: 978-84-9875-448-3.
- [7] Fernando Gualo y col. *Data quality certification using ISO/IEC 25012: Industrial experiences*. Vol. 176. 2021, pág. 110938. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jss.2021.110938>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0164121221000352>.
- [8] Michael Wienker, Ken Henderson y Jacques Volkerts. *The Computerized Maintenance Management System an Essential Tool for World Class Maintenance*. Vol. 138. SYMPHOS 2015 - 3rd International Symposium on Innovation and Technology in the Phosphate Industry. 2016, págs. 413-420. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.02.100>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705816004641>.
- [9] Inês Hexsel Grochau y Carla Schwengber ten Caten. *A process approach to ISO/IEC 17025 in the implementation of a quality management system in testing laboratories*. 2012.
- [10] S Martínez-Perales, Ortiz-Marcos I. y Ruiz J.J. *A proposal of model for a quality management system in research testing laboratories*. Vol. 26. Dic. de 2021, págs. 237-248.
- [11] Luis Miguel Ciravegna Martins da Fonseca y col. *ISO 9001:2015 Adoption: A Multi-Country Empirical Research*. 2019.
- [12] A. Castillo-Martinez y col. *Proposal for a maintenance management system in industrial environments based on ISO 9001 and ISO 14001 standards*. Vol. 73. 103453. 2021.
- [13] Piotr Rogala y Sławomir Wawak. *Quality of the ISO 9000 series of standards-perceptions of quality management experts*. 2021, págs. 509-525.
- [14] Katarzyna Midor y Grzegorz Wilkowski. *Recertification of a Quality Management System based on ISO 9001 - Is it a must for a modern manufacturing company?* Vol. 27. Sep. de 2021, págs. 217-222. DOI: 10.30657/pea.2021.27.29.
- [15] Fabiane Rodrigues da Silva, Inês Hexsel Grochau y Hugo Marcelo Veit. *System proposal for implementation of risk management in the context of ISO/IEC 17025*. 2021.
- [16] Domingo Gaitero, Marcela Genero y Mario Piattini. *System quality and security certification in seven weeks: A multi-case study in Spanish SMEs*. Vol. 178. 110960. Ago. de 2021.

- [17] Patrick Burgess, Funlade Sunmola y Sigrid Wertheim-Heck. *Blockchain Enabled Quality Management in Short Food Supply Chains*. Vol. 200. Ene. de 2022, págs. 904-913. DOI: 10.1016/j.procs.2022.01.288.
- [18] Shritesh Jamulkar y col. *Evidence Management System Using Blockchain and Distributed File System (IPFS)*. 2021, págs. 337-359.
- [19] Albert Albers y col. *Procedure for Defining the System of Objectives in the Initial Phase of an Industry 4.0 Project Focusing on Intelligent Quality Control Systems*. Vol. 52. The Sixth International Conference on Changeable, Agile, Reconfigurable and Virtual Production (CARV2016). 2016, págs. 262-267. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.067>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827116308666>.
- [20] Pavol Durana y col. *Quality Culture of Manufacturing Enterprises: A Possible Way to Adaptation to Industry 4.0*. Vol. 8. 4. 2019. DOI: 10.3390/socsci8040124. URL: <https://www.mdpi.com/2076-0760/8/4/124>.
- [21] Angappa Gunasekaran, Nachiappan Subramanian y Wai Ting Eric Ngai. *Quality management in the 21st century enterprises: Research pathway towards Industry 4.0*. Vol. 207. 2019, págs. 125-129. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.09.005>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092552731830375X>.
- [22] V. Dubolazov y col. *Re-Engineering of Logistics Business Processes Influenced by the Digitalization*. Vol. 246. 2021, págs. 539-547. ISBN: 978-303081618-6.
- [23] T. Narayanaswamy, P. Karthika y Kandappan Balasubramanian. *Blockchain Enterprise: Use Cases on Multiple Industries*. Cham: Springer International Publishing, 2022, págs. 125-137. ISBN: 978-3-030-76216-2. DOI: 10.1007/978-3-030-76216-2_8. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-76216-2_8.
- [24] Ashraf Jaradat, Omar Ali y Ahmad AlAhmad. *Blockchain Technology: A Fundamental Overview*. Singapore: Springer Singapore, 2022, págs. 1-24. ISBN: 978-981-16-6301-7. DOI: 10.1007/978-981-16-6301-7_1. URL: https://doi.org/10.1007/978-981-16-6301-7_1.
- [25] N. Puri, V. Garg y R Agrawal. *Blockchain Technology Applications for Next Generation*. Springer Science y Business Media Deutschland GmbH, 2022. Cap. Blockchain Technology Applications for Next Generation, págs. 53-73.
- [26] A.A. Khan y col. *EPS-ledger: Blockchain hyperledger sawtooth-enabled distributed power systems chain of operation and control node privacy and security*. 2395. Oct. de 2021.
- [27] R. S. M. Lakshmi Patibandla y Lakshman Narayana Vejendla. *Significance of Blockchain Technologies in Industry*. Springer Science y Business Media Deutschland GmbH, 2022. Cap. Significance of Blockchain Technologies in Industry, págs. 19-31.
- [28] Q. Liu. *Construction of Blockchain Technology Audit System*. Vol. 97. Springer Science y Business Media Deutschland GmbH, 2022. Cap. Construction of Blockchain Technology Audit System.

- [29] Faiza Loukil y col. *Decentralized collaborative business process execution using blockchain*. 2021, págs. 1645-1663.
- [30] Moumita Das y col. *A blockchain-based integrated document management framework for construction applications*. Vol. 133. 2022, pág. 104001. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.104001>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580521004520>.