

LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA CALIDAD DEL SOFTWARE: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA LITERATURA

AUTORES: Lenin Jonatan Pin García¹
María Magdalena Toala Zambrano²
José Efraín Álava Cruzatty³



DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA: jonatan.pin@unesum.edu.ec

Fecha de recepción: 22/01/2020

Fecha de aceptación: 20/02/2020

RESUMEN

La Inteligencia Artificial es una rama de la computación que se va asentando de manera paulatina en la vida cotidiana; sin embargo, aún no se está aplicando con mucha intensidad en el ámbito del desarrollo de software. El objetivo del presente trabajo es conocer cuál es la aplicación e impacto que ha tenido la inteligencia artificial como herramienta para asegurar la calidad del software, sigue como metodología de investigación la búsqueda de evidencia escrita en artículos científicos mediante la planificación y ejecución de una revisión sistemática sobre el tema. Este trabajo describe aspectos generales de la inteligencia artificial, de los estándares de calidad que pueden ser aplicados a la industria del software y presenta resultados de la revisión sistemática, los cuales se basan en las respuestas a las preguntas planteadas que dieron los 26 artículos aceptados según los criterios de inclusión y exclusión del protocolo de revisión. Estas interrogantes guardan relación a los beneficios, metodologías, métricas y aplicaciones de la inteligencia artificial en el aseguramiento de la calidad del software, sus respuestas permiten concluir que aún son muy pocos los estudios en la calidad del software, que las métricas más controladas tienen que ver con el rendimiento, la configuración, y la

¹ Ingeniero en Sistemas con maestrías en Docencia universitaria, Sistemas de Información Gerencial y Gestión Estratégica de Tecnologías de la Información, y doctorando en Ingeniería. Profesor a principal a tiempo completo y miembro del consejo científico de la Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa, Manabí.

² Ingeniera Civil y Máster en Seguridad y Salud Ocupacional. Personal académico auxiliar 1. Profesor. Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa, Manabí - Ecuador.

³ Ingeniero en Telecomunicaciones y Máster en Telecomunicaciones. Personal académico auxiliar 1. Profesor, Miembro Técnico de la Dirección de Aseguramiento de la Calidad. Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa, Manabí – Ecuador.

eficiencia del software; además se pudo evidenciar que en proyectos que usaron metodologías de desarrollo de software en cascada, de desarrollo rápido, del simbolismo, de prototipos y en espiral es posible la aplicación de inteligencia artificial para el aseguramiento de la calidad del software.

PALABRAS CLAVE: Inteligencia artificial; revisión sistemática; calidad del software; estándares de calidad.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN SOFTWARE QUALITY: A SYSTEMATIC REVIEW OF LITERATURE

ABSTRACT

Artificial Intelligence is a branch of computing that is gradually establishing itself in everyday life; however, it is not yet being applied very intensively in the field of software development. The objective of this work is to know what is the application and impact that artificial intelligence has had as a tool to ensure the quality of the software. As a research methodology, follow the search for evidence written in scientific articles by planning and executing a systematic review. about the topic. This work describes general aspects of artificial intelligence, of the quality standards that can be applied to the software industry and presents results of the systematic review, which are based on the answers to the questions asked by the 26 articles accepted according to the inclusion and exclusion criteria of the review protocol. These questions are related to the benefits, methodologies, metrics and applications of artificial intelligence in software quality assurance, their answers allow us to conclude that there are still very few studies on software quality, that the most controlled metrics have to do with the performance, configuration, and efficiency of the software; In addition, it was evident that in projects that used cascade, rapid development, symbolism, prototyping and spiral software development methodologies, the application of artificial intelligence for software quality assurance is possible.

KEYWORDS: Artificial intelligence, Systematic review, software quality, software quality standards.

INTRODUCCIÓN

La inteligencia artificial (IA) es una de las ramas de la Informática que abarca diferentes aspectos relacionados con la lógica y las ciencias cognitivas, puede ser llamada inteligencia de máquina, es una ciencia interdisciplinaria que tiene como objetivo el de simular la inteligencia humana en las máquinas (Diao, Zuo, & Liu, 2009). Para crear esta simulación de la inteligencia humana, los algoritmos dinámicos se nutren de grandes bases de conocimiento o experiencias basadas en datos con el fin de establecer patrones y predicciones en función de los datos analizados (Holtel, 2016)

Por otra parte, la calidad definida en la norma ISO en la norma 8402:1994, como la “Totalidad de propiedades y características de un producto, proceso o servicio que le confiere su aptitud para satisfacer unas necesidades expresadas o implícitas.” ha tenido una evolución significativa pasando

por el control de calidad, la garantía de calidad, la calidad total, llegando hasta la mejora continua (López Echeverry, Valencia Ayala, & Cabrera, 2008). En cuanto al software, la calidad debe ser construida desde el comienzo de la fabricación del producto, no es algo que puede ser añadido después y están involucradas tanto características internas como el contexto organizacional, lo que genera un enfoque sistémico del concepto de Calidad del Software (Callaos & Callaos, 1994).

La inteligencia artificial propone técnicas que pueden mejorar la calidad de los sistemas de software, por ejemplo se han reportado aplicaciones de redes bayesianas para predecir si una especificación de requisitos tiene suficiente calidad para ser considerada como línea base (Ammar, Abdelmoez, & Hamdi, 2012), se han realizado estudios con la aplicación de diversos clasificadores para la evaluación de métricas de calidad del software (Yohannese & Li, 2017), para la predicción de fallas de software que es una parte importante del aseguramiento de la calidad del software se han propuesto varios enfoques basados en el aprendizaje automático para generar modelos predictivos a partir de datos recopilados (Das Dôres, Alves, Ruiz, & Barros, 2016), entre muchas otras aplicaciones.

En el presente trabajo se pretende brindar información sobre cuál es la aplicación que ha tenido la IA a la calidad del software, para esto se hizo uso de una revisión sistemática que permitió realizar la búsqueda y la selección de artículos científicos evidenciados en publicaciones.

Se realiza este estudio con el fin de encontrar respuestas a las siguientes interrogantes que fueron planteadas al inicio de esta investigación: ¿Qué metodologías de desarrollo de software han permitido la aplicación de la inteligencia artificial para el aseguramiento de la calidad del software?, ¿Qué dimensiones de calidad se han evaluado aplicando inteligencia artificial?, ¿Cuáles son los clasificadores o algoritmos de inteligencia artificial que se han aplicado en el ámbito de la calidad del software?, y ¿Cuáles son los estándares de calidad que tienen las empresas que han aplicado inteligencia artificial como parte de su proceso de aseguramiento de calidad del software.? En la búsqueda preliminar que se realizó no se obtuvo ningún hallazgo de la existencia de algún estudio redactado en español donde se obtenga información acerca de cuál es la aplicación de la inteligencia artificial en la calidad del software. De esta inexistencia surge la necesidad de realizar y redactar una revisión sistemática que permita conocer derivaciones del tema planteado.

DESARROLLO

La investigación llevó a cabo un proceso científico, para realizarla se cumplió con los requerimientos de un proceso sistemático, donde se hace uso de la búsqueda, recaudación, análisis y la comprensión de información sobre un tema establecido. La revisión sistemática forma parte de la investigación secundaria, la cual parte del estudio de las pruebas disponibles sobre un determinado tema, con el objeto de responder a cuestiones concretas, siguiendo una metodología explícita y rigurosa (Sampaio & Mancini, 2007). Para realizar una revisión sistemática es necesario seguir las fases, se empieza con el planteamiento de la pregunta que se desea responder, esta pregunta debe de plantearse de la manera más clara, precisa y concisa para que se pueda interpretar, una vez especificado el objetivo de la investigación después se deberá, realizar la búsqueda y selección de los estudios, esta etapa consiste en buscar los estudios de investigación que den respuesta a las preguntas planteadas (Kitchenham et al., 2009).

Las revisiones sistemáticas, tienen tres etapas las cuales no son completamente secuenciales, se empieza el proceso con la etapa de planificación, en donde se debe desarrollar un protocolo de

revisión sistemática en el que se especifica el contexto de la revisión, las preguntas de investigación, la estrategia de búsqueda, criterios y procedimientos de selección y evaluación de los artículos, estrategias de extracción y síntesis de datos, y el cronograma del proyecto; luego en la ejecución de la revisión sistemática se lleva a cabo lo planificado y por último se realiza el informe o publicación de resultados (Kitchenham et al., 2009). Otros autores como Galvão, Sawada, Trevizan, & Trevizan (2004) sostienen que una revisión sistemática consta de seis fases bien definidas tales como: construcción de protocolo, definición de preguntas, búsqueda de estudios, selección de estudios, evaluación crítica de los estudios, recolección de datos y síntesis de los datos. Como se observa en la figura 1, las fases descritas en Kitchenham et al. (2009) agrupan algunas de las fases presentadas en Galvão et al. (2004), pero en esencia son las mismas actividades.

	Autor	
	Kitchenham	Galvão
Fases de una revisión sistemática	Planificación	Construcción de Protocolo
		Definición de preguntas
	Ejecución	Búsqueda de estudios
		Selección de estudios
		Evaluación crítica de estudios
		Recolección de datos.
Publicación de Resultados	Síntesis de datos	

Figura 1. Fases de una revisión sistemática.

Fuente: (Galvão et al., 2004; Kitchenham et al., 2009).

El estudio de Yupanqui & Oré (2017) describe al detalle los pasos de un protocolo de revisión sistemática, los cuales pueden ser apreciados en la figura 2. Y son los que se han seguido en la ejecución del presente trabajo. De manera general estos pasos coinciden con los descritos en el trabajo de Sampaio & Mancini (2007).

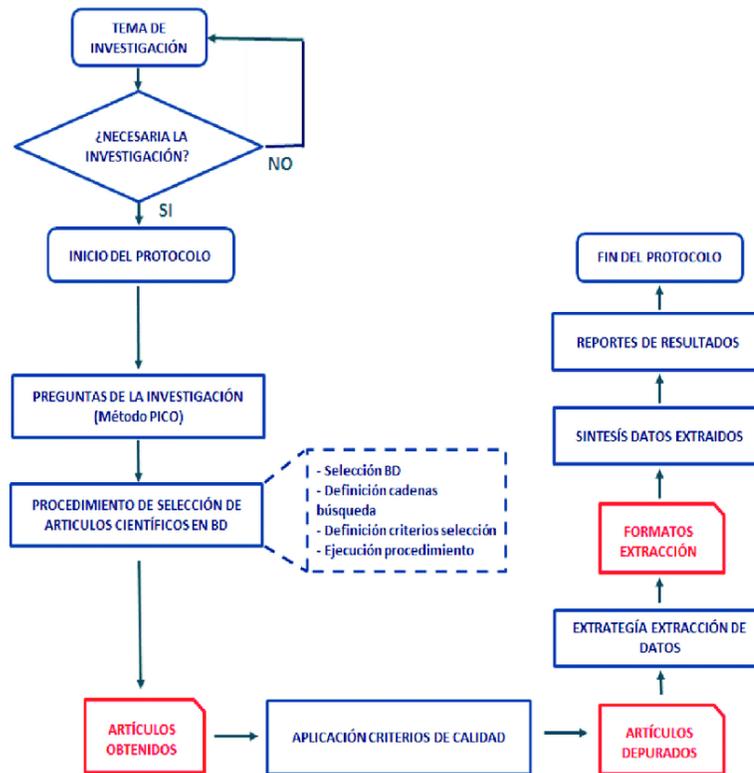


Figura 2. Diagrama del protocolo de Revisión Sistemática
Fuente: (Yupanqui & Oré, 2017)

A continuación, se resume el protocolo que se desarrolló para la presente revisión sistemática.

Preguntas de Investigación.

A partir de la pregunta general “Cual es la aplicación de la inteligencia artificial en la calidad del software” se formularon preguntas (P) específicas usando los criterios PICOC (Kitchenham et al., 2009).

P1.- ¿Qué metodologías de desarrollo de software han permitido la aplicación de la inteligencia artificial para el aseguramiento de la calidad del software?

P2.- ¿Qué dimensiones de calidad se han evaluado aplicando inteligencia artificial?

P3.- ¿Cuáles son los clasificadores o algoritmos de inteligencia artificial que se han aplicado en el ámbito de la calidad del software?,

P4.- ¿Cuáles son los estándares de calidad que tienen las empresas que han aplicado inteligencia artificial como parte de su proceso de aseguramiento de calidad del software??

Criterio de inclusión

Criterios de inclusión Todo artículo completo localizado escrito en inglés y español publicado a partir del año 1998, en donde se describa claramente que la inteligencia artificial aplica en la calidad de software localizado en la base de datos de Scopus.

Criterios de exclusión

Todo artículo que no describa casos de estudio, o metodologías, o herramientas, o algoritmos utilizados en aplicaciones prácticas de la Inteligencia Artificial en la calidad del software y que no responda ninguna de las preguntas planteadas

Herramientas aplicadas para el registro de datos.

Para la realización de la revisión sistemática se utilizó una herramienta en línea situada en <https://parsif.al>, la cual está diseñada para ayudar a los investigadores a realizar revisiones sistemáticas dentro del contexto de la ingeniería de software en donde los investigadores distribuidos geográficamente pueden trabajar juntos en un espacio virtual de trabajo compartido. La herramienta sigue los lineamientos descritos en Kitchenham et al. (2009) proporcionando una forma de documentar todo el proceso; en la planificación, Parsif.al ayuda con los objetivos PICOC, preguntas de investigación, cadenas de búsqueda, palabras clave y selección de fuentes o bases de datos, los criterios de inclusión y exclusión. También proporciona una lista de verificación para poder evaluar la calidad de los artículos encontrados, y cuenta con formularios para poder realizar la extracción de los datos.

Resultados.

Selección de artículos La ejecución de la revisión sistemática se desarrolló en el mes de junio del 2019 y a partir de la búsqueda se obtuvieron un total de 91 artículos, de los cuales 26 cumplieron con los criterios de inteligencia artificial aplicada a la calidad del software. 58 de estos artículos fueron rechazados y 7 coincidieron como duplicados. En el cuadro 1 se muestran la clasificación y el número de estudios encontrados.

Cuadro 1. Selección de artículos

Clasificación	Número de artículos
Duplicados	7
Rechazados	58
Aceptados	26
Total	91

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 2. Artículos aceptados.

No	Título	Autores	Journal/conferencia	Año de publicación
----	--------	---------	---------------------	--------------------

1	Feature Selection Techniques to Counter Class Imbalance Problem for Aging Related Bug Prediction: Aging Related Bug Prediction	Kumar Lov, Sureka, Ashish.	Innovations in Software Engineering Conference	2018
2	Evaluating micro patterns and software metrics in vulnerability prediction	Sultana kazi, Zakia Williams, Byron J.	Urban, IL, USA UU. 2017 6th International Workshop on Software Mining (SoftwareMining)	2017
3	Empirical analysis of change metrics for software fault prediction	Garvit Rajesh, Sandep Kumar, Kuldep Kuma, Alok Mishra, Cagatay,Cata	Computers & Electrical Engineering	2016
4	Deep neural network based hybrid approach for software defect prediction using software metrics	Manjula, C and Florence, Lilly.	<u>Cluster Computing</u>	2018
5	Data analysis tool supporting software development process	Rafał Kozik, Michał Choraś, Rafał Renk, Damian Puchalski.	<u>IEEE 14a Conferencia científica internacional sobre informática 2017</u>	2017
6	Automated Parameter Tuning of Artificial Neural Networks for Software Defect Prediction	Zhao Yang, Hongbing Qian.	2nd International Conference on Advances in Image Processing.	2018
7	Assessment of defect prediction models using machine learning techniques for object-oriented systems	Ruchika Malhotra, Shivani Shukla, Geet Sawhney.	5th International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization (Trends and Future Directions) (ICRITO)	2016
8	Analyzing fault prediction usefulness from cost perspective using source code metrics	Lov Kumar, Ashish Sureka.	Tenth International Conference on Contemporary Computing (IC3)	2017
9	A combined-learning based framework for improved software fault prediction	Chubato Wondaferaw Yohannese, Tianrui Li.	Computational Intelligence Systems	2017
10	On the application of search-based techniques for software engineering predictive modeling: A systematic review and future directions	<u>Ruchika Malhotra,</u> <u>Rajeev R,</u> <u>Megha Khanna.</u>	Enjambre y computación evolutiva	2017
11	Software Defect Prediction: A Comparison Between Artificial Neural Network and Support Vector Machine	Ishani Arora, Anju Saha.	Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 562. Springer, Singapore	2018
12	Software reusability metrics prediction by using evolutionary algorithms: The interactive mobile learning application RozGaar	<u>Padhy, Neelamadhab,</u> <u>Satapathy, Mohanty JR.,</u> <u>Suresh Chandra.</u>	<u>International Journal of Knowledge-based and Intelligent Engineering Systems,</u>	2018

13	Software Reliability Assessment Using Machine Learning Technique	Ranjan Kumar Behera, Suyash Shukla, Sanjay Misra.	<u>International Conference on Computational Science and Its Applications</u>	2018
14	Software metrics for fault prediction using machine learning approaches: A literature review with PROMISE repository dataset	Meiliana, Syaeful Karim, Ford Lumban Gaol, Benfano Soewito.	IEEE International Conference on Cybernetics and Computational Intelligence (CyberneticsCom)	2017
15	Software Quality Predictive Modeling: An Effective Assessment of Experimental Data	<u>Ruchika Malhotra</u>	10th Innovations in Software Engineering Conference	2017
16	Software defect prediction techniques using metrics based on neural network classifier	Lilly Florence, Jayanthi R.	<u>Cluster Computing</u>	2018
17	Software bug prediction using machine learning approach	Awni Hammouri, Mustafa Hammad, Mohammad Alnabhan,.	(IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications	2018
18	Predicting defect-prone software modules using support vector machines	Karin Elish, Mahmoud O	Journal of Systems and Software	2018
19	A method of prediction of errors based on learning for object-oriented systems	Rhymend Uthariarajb, Sankaranarayanan V, Thambidurai O.	<u>Information and Software Technology</u>	2018
20	A comparison of nano-patterns vs. Software metrics in vulnerability prediction	Kazi Zakia Sultana, Byron J. Williams, Amiangshu Bosu.	25th Asia-Pacific Software Engineering Conference (APSEC)	2018
21	An extensive analysis of search-based techniques to predict defective classes	Ruchika Malhotra.	Computers & Electrical Engineering	2018
22	The analysis of software metrics for design complexity and its impact on reusability	Aditya Pratap Singh, Pradeep Tomar.	3rd International Conference on Computing for Sustainable Global Development.	2016
23	Defect prediction based on the characteristics of the multilayer structure of the software network	Jian Li, Pinjia He, Jieming Zhu, Michael R. Lyu.	<u>IEEE International Conference on Software Quality, Reliability and Security (QRS)</u>	2018
24	Improving software quality using machine learning	Kanika Chandra, Gagan Kapoor, Rashi Kohli, Archana Gupta.	<u>International Conference on Innovation and Challenges in Cyber Security (ICICCS-INBUSH)</u>	2016
25	Semantic learning features for predicting software defects by embedding code comments	Xiaodong Gu, Hongyu Zhang, Sunghun Kim.	<u>IEEE/ACM 40th International Conference on</u>	2018

		<u>Software Engineering (ICSE)</u>	
26	A meta-learning framework for algorithm recommendation in software fault prediction	<u>Silvia Dolores N. Luciano Alves.</u>	31st Annual ACM Symposium on Applied Computing 2016

Fuente: Elaboración propia



Figura 3. Actualidad de las publicaciones

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 2 consta el detalle de todos los artículos localizados en Scopus y aceptados según la cadena de búsqueda siguiente:

TITLE-ABS-KEY ("Inteligencia Artificial" OR "Machine Learning") AND TITLE-ABS-KEY ("Calidad del Software" OR "Software quality") AND TITLE-ABS-KEY("Aplicaciones" OR "Applications") AND PUBYEAR > 1998.

En la figura 3, se puede apreciar la actualidad que tienen las publicaciones que tratan sobre el tema, las cuales tienen una mayor frecuencia a partir del año 2010.

Respuestas a las preguntas de Investigación.

A continuación se sintetizan las respuestas (R) a las preguntas que se formularon y que dieron origen a la investigación.

P1.- ¿Qué metodologías de desarrollo de software han permitido la aplicación de la inteligencia artificial para el aseguramiento de la calidad del software?

R1.- Se encontró que los métodos de desarrollo de software en los cuales se aplicó inteligencia artificial en la evaluación de la calidad son los definidos en ingeniería de software como cascada, espiral, desarrollo ágil y prototipos.

P2.- ¿ Qué dimensiones de calidad se han evaluado aplicando inteligencia artificial?

R2.- Conforme se puede apreciar en la figura 4, los criterios de calidad que se encontraron fueron tratados aplicando inteligencia artificial son los siguientes: Funcionalidad 34%, Usabilidad 32%, Procesamiento 27% y sin definir 7%.

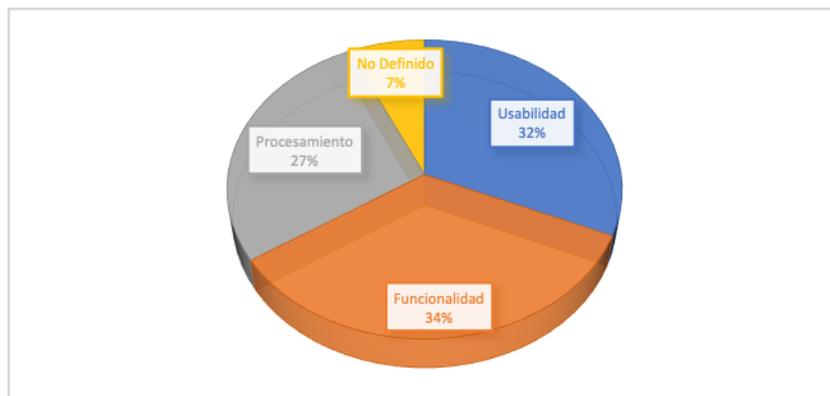


Figura 4. Criterios de calidad evaluados aplicando IA
Fuente: Elaboración propia

P3.- ¿Cuáles son los clasificadores o algoritmos de inteligencia artificial que se han aplicado en el ámbito de la calidad del software?

R3.- En la figura 5 se puede apreciar que la mayoría de las publicaciones no especifica los clasificadores aplicados para evaluar los criterios de calidad de software, y los que se mencionan son los siguientes: Red Bayesiana, Redes Neuronales, Algoritmos genéticos, Regresión logística, Random Forest y Rough Set.

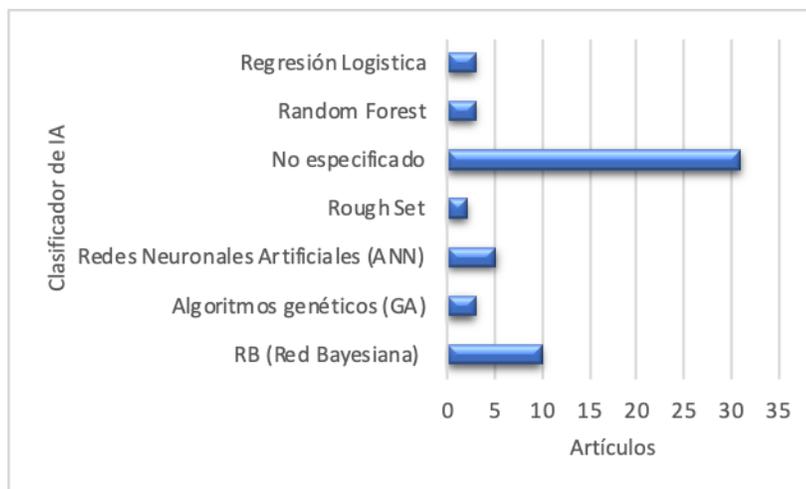


Figura 5. Clasificadores de Inteligencia Artificial aplicados a casos de Calidad del Software
Fuente: Elaboración propia

P4.- ¿Cuáles son los estándares de calidad que tienen las empresas que han aplicado inteligencia artificial como parte de su proceso de aseguramiento de calidad del software?

En la figura 6 se aprecian los estándares de gestión de calidad según los hallazgos en las publicaciones aceptadas, los estándares de calidad la familia de las ISO son los únicos que aparecen en los casos.

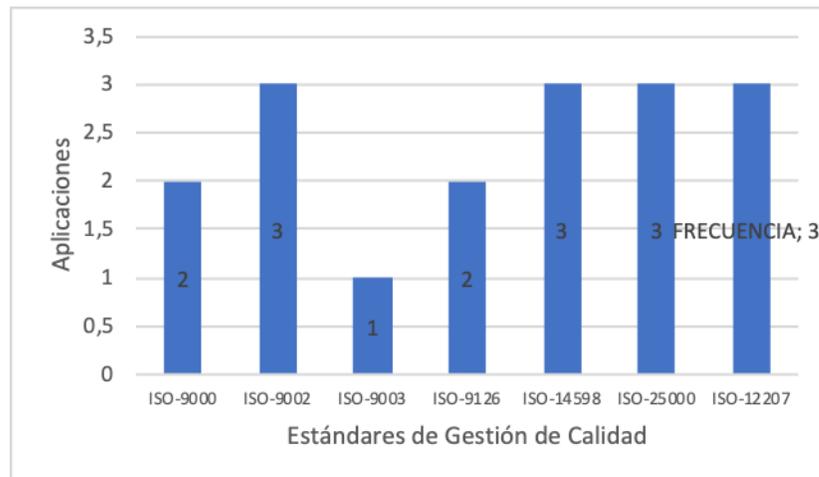


Figura 6. Estándares de gestión de calidad de los casos que aplicaron IA para la calidad del software
Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

Luego del análisis de los hallazgos en función de las preguntas de investigación que orientaron la revisión sistemática se pueden sintetizar las conclusiones siguientes:

- La inteligencia artificial se puede aplicar con cualquier metodología de desarrollo de software.
- Las dimensiones o criterios de calidad en donde se aplica inteligencia artificial pueden ser de diversa índole.
- Los clasificadores de inteligencia artificial para control de calidad van a depender del tipo de data que se requiera evaluar.
- Los casos en los que se han aplicado inteligencia artificial en el aseguramiento de calidad del software corresponden a empresas de desarrollo estructuradas puesto que poseen certificaciones de calidad con estándares ampliamente reconocidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ammar, H. H., Abdelmoez, W., & Hamdi, M. S. (2012). Software Engineering Using Artificial Intelligence Techniques : Current State and Open Problems. *Software Engineering Using Artificial Intelligence Techniques: Current State and Open Problems*, 24–29.
- Callaos, N., & Callaos, B. (1994). Designing with Systemic Total Quality. *Educational Technology*, 34(1), 29–36.
- Das Dôres, S. N., Alves, L., Ruiz, D. D., & Barros, R. C. (2016). A meta-learning framework for algorithm recommendation in software fault prediction. *Proceedings of the ACM Symposium on Applied Computing*, 04-08-April(April 2018), 1486–1491. <https://doi.org/10.1145/2851613.2851788>

- Diao, L., Zuo, M., & Liu, Q. (2009). The artificial intelligence in personal knowledge management. *2009 2nd International Symposium on Knowledge Acquisition and Modeling, KAM 2009*, 3, 327–329. <https://doi.org/10.1109/KAM.2009.269>
- Galvão, C. M., Sawada, N. O., Trevizan, M. A., & Trevizan, M. A. (2004). Revisão sistemática: recurso que proporciona a incorporação das evidências na prática da enfermagem. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, 12(3), 549–556. <https://doi.org/10.1590/S0104-11692004000300014>
- Holtel, S. (2016). Artificial intelligence creates a wicked problem for the enterprise. *Procedia Computer Science*, 99, 171–180. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.09.109>
- Kitchenham, B., Pearl Brereton, O., Budgen, D., Turner, M., Bailey, J., & Linkman, S. (2009). Systematic literature reviews in software engineering – A systematic literature review. *Information and Software Technology*, 51(1), 7–15. <https://doi.org/10.1016/J.INFSOF.2008.09.009>
- López Echeverry, A., Valencia Ayala, L., & Cabrera, C. (2008). Introducción a la calidad de software. *Scientia et Technica*, 2(39), 326–331. <https://doi.org/10.22517/23447214.3241>
- Sampaio, R., & Mancini, M. (2007). Estudos de revisão sistemática: Um guia para síntese criteriosa da evidência científica. *Rev. Bras. Fisioter*, 11(1), 83–89. Retrieved from https://www.unicid.edu.br/wp-content/uploads/2014/12/Estudos-de-revisão-sistemática_um-guia-para-síntese-criteriosa-da-evidência-científica.pdf
- Yohannese, C. W., & Li, T. (2017). A Combined-Learning based framework for improved software fault prediction. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 10(1), 647–662. <https://doi.org/10.2991/ijcis.2017.10.1.43>
- Yupanqui, J. R. A., & Oré, S. B. (2017). Políticas de Seguridad de la Información: Revisión Sistemática de las Teorías que Explican su Cumplimiento. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, 25(25), 112–134. <https://doi.org/10.17013/risti.25.112-134>