

METODOLOGÍA

DEVOPS EN LA INDUSTRIA 4.0: UN MAPEO SISTEMÁTICO

Un mapeo sistemático de la literatura es un proceso metodológico para recopilar y categorizar información existente sobre un tema de investigación. Este mapeo sistemático se realizó siguiendo las pautas presentadas en los siguientes estudios: [9,10 11 y 12]. El mapeo sistemático se realizó en tres etapas: Planificación, Ejecución y Documentación.

1.1. Planeación

En la planeación seguimos las siguientes etapas para una clara definición y orientación del mapeo: (i) Creación de las preguntas de investigación; (ii) Definición de las cadenas de búsqueda; (iii); Definición de los criterios de aceptación; (iv) Definición de los criterios de exclusión, y (v) Definición de los criterios de evaluación de calidad.

Preguntas de investigación

Con el propósito cumplir el objetivo del mapeo sistemático e identificar posibles brechas y proponer oportunidades de investigación, se establecieron las preguntas de investigación, importantes para guiar el presente estudio y las cuales se muestran en la Tabla 1.

Basado en los trabajos relacionados analizados, se percibió que existen diferentes casos de éxitos y áreas que logran adoptar DevOps (parcial o completamente) en su flujo de producción, sin embargo, no existe un planteamiento específico que permita a cualquier industria de la revolución 4.0 entender que beneficios y cómo tal llevar a cabo la implementación de DevOps en ambientes de producción industrial.

Tabla 1: Preguntas de investigación y motivación

Preguntas de investigación	Motivación
Q1. ¿Cual es el estado actual de la implementación de prácticas DevOps en la Industria 4.0?	Determinar las bases del mapeo sistemático y discernir entre la implementación y el estado actual de DevOps y DevOps en la Industria 4.0
Q2. ¿Qué beneficios lleva implementar prácticas DevOps en la Industria 4.0?	Identificar que provecho puede traer implementar DevOps en una empresa con visión de Industria 4.0
Q3. ¿Cuál es la propuesta de adopción de las prácticas DevOps en la Industria 4.0?	Determinar las prácticas a la hora de implementar DevOps en la Industria 4.0, su transversalidad en las organizaciones y sus productos.
4. ¿Qué tipos de soluciones de software o aplicaciones apoyan la adopción de las prácticas DevOps en la Industria 4.0?	Para determinar qué tipo de software es más aprovechado, aplicado y/o desarrollado a la hora adoptar DevOps en la Industria 4.0

Palabras claves y sinónimos

En el propósito de identificar el estado actual de DevOps en la Industria 4.0 se definieron palabras claves ilustradas en la Tabla 2. Esta Tabla acota las diferentes palabras claves y sinónimos que se tuvieron en cuenta en la búsqueda de trabajos relacionados, las palabras se encuentran en inglés para asegurar un alcance válido y amplio de trabajos de calidad dado que la mayor cantidad de trabajos relacionados se están publicando en dicho idioma.

Cadena de búsqueda

Para la búsqueda se utilizó un conjunto de combinaciones de conectores lógicos “AND” y “OR”, además, algunos conectores de búsqueda dependiendo de la base de datos en la cual ejecutó la cadena de búsqueda. La Tabla 3 presenta cuales fueron las bases de datos seleccionadas y las cadenas de búsqueda para cada una

de ellas. Se hizo uso de 3 bases de datos bibliográficas: *Scopus*, *Google Scholar* and *IEEE Xplore* también fueron usados estudios previos catalogados como literatura gris.

Tabla 2. Palabras claves y sinónimos

Palabra clave	Sinónimos
DevOps	Collaborative Culture, Continuous Integration, Continuous Deployment, Infrastructure as a Code, Configuration Management, Change Management, Continuous Monitoring
Adoption	Best practices, Methods, Collaborative Culture Practices
Automatization	Automatic process, Tools, Test Automation
Industry 4.0	Companies, Digital companies, Digital transformation, Fourth Industrial Revolution

Tabla 3. Cadenas de búsqueda

Base de datos	Cadena de Búsqueda específica por base de datos
SCOPUS	(TITLE-ABS-KEY ("DevOps" OR "Collaborative Culture" OR "Continuous Deployment") AND TITLE-ABS-KEY ("Industry 4.0" OR "revolution industrial") AND TITLE-ABS-KEY("integration"))
IEEE Xplore	("All Metadata":"DevOps") AND ("Abstract":"Adoption" OR "Abstract":"Best practices" OR "Abstract":"Methods") AND ("All Metadata":"Industry 4.0" OR "All Metadata":"Industry" OR "All Metadata":"Industrial" OR "All Metadata":"Digital companies" OR "All Metadata":"Digital transformation")
Google Scholar	"DevOps" AND "Adoption" AND "Industry 4.0" AND "implementation" AND "transformation"

Criterios de selección

A continuación, se presentan los criterios definidos para inclusión de los trabajos y que apoyan a las preguntas de investigación, los estudios fueron recolectados considerando el título, el resumen y que dentro del contenido tuvieran las palabras claves definidas en la cadena de búsqueda, adicional a eso, para un mayor refinamiento a los artículos seleccionados les fue revisado que se cumplieran estos los criterios de inclusión: (CI-1) Incluir publicaciones cuyos títulos estuvieran relacionados con la implementación de DevOps en la Industria 4.0 o revolución industrial; (CI-2) Solo añadir publicaciones académicas que contaran con menos de 5 años; (CI-3) Incluir publicaciones que contuvieran palabras claves que coincidían con las definidas en la cadena de búsqueda; (CI-4) Incluir estudios en dos idiomas: inglés y español, este último solo si cumplía con los criterios anteriores y (CI-5) Solo incluir material soportado con referencias válidas.

Criterios de Exclusión

A continuación se presentan los criterios de exclusión definidos, estos fueron creados con el objetivo de refinar, evitar información desactualizada o no verificada: (CE-1) Excluir publicaciones con más de 5 años de publicación; (CE-2) Excluir publicaciones publicadas en sitios/revista no reconocidas; (CE-3) Excluir todas las publicaciones duplicadas y (CE-4) Excluir publicaciones que no coinciden con los criterios de inclusión previos.

Criterios de evaluación de la calidad

Para medir la calidad de los estudios seleccionados se utiliza un cuestionario de 7 preguntas con un sistema de calificación de 4 valores (-1 , 0 , 0.5 , 1) , los criterios de evaluación están presentes en Tabla 4.

En el anexo disponible en el link <https://n9.cl/i7f5> se presenta los resultados de los estudios analizados según los criterios de evaluación de la calidad, la suma de la

puntuación de cada estudio correspondió a la puntuación final (obteniendo un valor entre -7 y +7). Estas puntuaciones se usaron para excluir estudios con una calificación inferior a 3 y sirvieron como referencia para encontrar los estudios más relevantes que nos dieron la lista final de los *Trabajos Seleccionados*. La información completa de dichos trabajos se puede encontrar en el anexo A.

Tabla 4. Cuestionario de preguntas de evaluación de la calidad

#	Criterio de calidad
C1	¿La estrategia de filtrado es apropiada y apunta al sentido de la investigación?
C2	¿El estudio es un trabajo de investigación?
C3	¿El trabajo cuenta con más de 10 citaciones?
C4	¿El trabajo se encuentra entre los últimos 5 años?
C5	¿La investigación contiene casos de aplicación real en la industria?
C6	¿Existe una descripción sobre el contexto de la investigación?
C7	¿Se cumple el objetivo de la investigación?

Estrategia de extracción de datos

Para facilitar la selección de los estudios analizados se clasificaron las posibles respuestas para cada una de las preguntas de investigación en la Tabla 5.

Método de síntesis

La información de los estudios primarios seleccionados se extrajo y se estructuró de la siguiente manera: título, publicación, autores, referencia, resumen, descripción, contexto y aspectos destacados.

Tabla 5: Esquema de clasificación

Preguntas de investigación	Respuestas
Q1. ¿Cuál es el estado actual de la implementación de Prácticas DevOps en la Industria 4.0?	a. Procesos DevOps en empresas no especializadas en el desarrollo de software. b. Estrategias de implementación de prácticas DevOps. c. Áreas de desarrollo involucradas.
Q2. ¿Qué beneficios lleva implementar prácticas DevOps en la Industria 4.0?	a. Medidas de tiempos de salida al mercado. b. Medidas de tiempos de recuperación. c. Casos de éxito en las empresas.
Q3. ¿Cuál es la propuesta de adopción de las prácticas DevOps en la Industria 4.0?	a. Herramientas para integración, entrega y despliegue continuo. b. Enfoques metodológicos.
Q4. ¿Qué tipos de soluciones de software o aplicaciones apoyan la adopción de las prácticas DevOps en la Industria 4.0?	a. Web, móvil, standalone, no especificado, financiero.

1.2. Etapa de ejecución

Se llevaron a cabo 2 iteraciones, una primera iteración donde se realizó una revisión inicial de la literatura gris. Se analizó un total de 4 artículos, esta revisión permitió dar un contexto de conceptos con los que DevOps suele asociarse en la industria, esta revisión se hizo con el fin de hallar palabras claves y sinónimos para pasar a refinar la cadena de búsqueda final, luego se realizó una segunda iteración para seleccionar y analizar los estudios encontrados por las cadenas de búsqueda. La

Tabla 6 muestra la cantidad de artículos encontrados, analizados y seleccionados en las diferentes bases de datos.

Tabla 6: Selección de estudios.

Base de datos	Estudios encontrados	Estudios relevantes	repetidos relevantes	Elección final
Scopus	15	6	1	9
IEEE Xplore	28	9	1	5
Google Scholar	162	15	3	13
Total	205	30	5	27

Anexo A - Trabajos Seleccionados

E1. Kaya, I., Erdoğan, M., Karaşan, A., & Özkan, B. (2020). **Creating a road map for industry 4.0 by using an integrated fuzzy multicriteria decision-making methodology.** *Soft Computing*, 24, 17931-17956.

E2. Dev, N. K., Shankar, R., & Swami, S. (2020). **Diffusion of green products in industry 4.0: Reverse logistics issues during design of inventory and production planning system.** *International Journal of Production Economics*, 223, 107519.

E3. Hasselbring, W., Henning, S., Latte, B., Möbius, A., Richter, T., Schalk, S., & Wojcieszak, M. (2019, March). **Industrial devops.** In *2019 IEEE International Conference on Software Architecture Companion (ICSA-C)* (pp. 123-126). IEEE.

E4. Aceto, G., Persico, V., & Pescapé, A. (2019). **A survey on information and communication technologies for industry 4.0: State-of-the-art, taxonomies, perspectives, and challenges.** *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 21(4), 3467-3501.

E5. Hizam-Hanafiah, M., Soomro, M. A., & Abdullah, N. L. (2020). **Industry 4.0 readiness models: a systematic literature review of model dimensions.** *Information*, 11(7), 364.

E6. Li, F. (2020). **The digital transformation of business models in the creative industries: A holistic framework and emerging trends.** *Technovation*, 92, 102012.

E7. Fitsilis, P., Tsoutsas, P., & Gerogiannis, V. (2018). **Industry 4.0: Required personnel competences.** *Industry 4.0*, 3(3), 130-133.

E8. Cao, J. Q., & Zhang, S. H. (2016). **ITIL Incident Management Process Reengineering in Industry 4.0 Environments.** In *Proceedings of the 2nd International Conference on Advances in Mechanical Engineering and Industrial Informatics (AMEII 2016)*(Vol. 73, pp. 1011-6).

E9. Di Orio, G., Maló, P., & Barata, J. (2019, October). **NOVAAS: A Reference Implementation of Industrie4. 0 Asset Administration Shell with best-of-breed practices from IT engineering.** In *IECON 2019-45th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society* (Vol. 1, pp. 5505-5512). IEEE.

E10. Park, S., & Huh, J. H. (2018). **Effect of cooperation on manufacturing it project development and test bed for successful industry 4.0 project: Safety management for security.** *Processes*, 6(7), 88.

E11. Zambon, I., Egidi, G., Rinaldi, F., & Cividino, S. (2019). **Applied research towards industry 4.0: Opportunities for SMEs.**

E12. Dobaj, J., Iber, J., Krisper, M., & Kreiner, C. (2018, July). **A microservice architecture for the industrial Internet-of-Things.** In *Proceedings of the 23rd European Conference on Pattern Languages of Programs* (pp. 1-15).

E13. Park, S., & Huh, J. H. (2018). **Effect of cooperation on manufacturing it project development and test bed for successful industry 4.0 project: Safety management for security.** *Processes*, 6(7), 88.

- E14. Li, F., & Gelbke, L. (2018, May). **Microservice architecture in industrial software delivery on edge devices**. In *Proceedings of the 19th International Conference on Agile Software Development: Companion* (pp. 1-4).
- E15. Ahram, T., Sargolzaei, A., Sargolzaei, S., Daniels, J., & Amaba, B. (2017, June). **Blockchain technology innovations**. In *2017 IEEE technology & engineering management conference (TEMSCON)* (pp. 137-141). IEEE.
- E16. Querejeta, M. U., Etxeberria, L., & Sagardui, G. (2020, September). **Towards a devops approach in cyber physical production systems using digital twins**. In *International Conference on Computer Safety, Reliability, and Security* (pp. 205-216). Springer, Cham.
- E17. Henning, S., & Hasselbring, W. (2021). **The titan control center for industrial devops analytics research**. *Software Impacts*, 7, 100050.
- E18. Jansen, C. (2016). **Developing and operating industrial security services to mitigate risks of digitalization**. *IFAC-PapersOnLine*, 49(29), 133-137.
- E19. Wolf, M., Semm, A., & Erfurth, C. (2018, June). **Digital transformation in companies—challenges and success factors**. In *International Conference on Innovations for Community Services*(pp. 178-193). Springer, Cham.
- E20. Santos, N., Ferreira, N., & Machado, R. J. (2019, September). **Towards Agile Architecting: Proposing an Architectural Pathway Within an Industry 4.0 Project**. In *EuroSymposium on Systems Analysis and Design* (pp. 121-136). Springer, Cham.
- E21. Cao, J., & Zhang, S. (2016, November). **Design and Application of Cloud-based Operation and Maintenance Platform for Industry 4.0**. In *6th International Conference on Information Engineering for Mechanics and Materials* (pp. 228-235). Atlantis Press.
- E22. Aly, M. (2018). **A Learning Factory Case Study: Industry 4.0 Digital Foundation** (Doctoral dissertation).
- E23. Kaufmann, H. R., Bengoa, D., Sandbrink, C., Kokkinaki, A., Kameas, A., Valentini, A., & Iatrellis, O. (2020). **DevOps competences for Smart City administrators**. 2521-3938, 213-223.
- E24. Kuusinen, K., & Albertsen, S. (2019, May). **Industry-academy collaboration in teaching DevOps and continuous delivery to software engineering students: towards improved industrial relevance in higher education**. In *2019 IEEE/ACM 41st International Conference on Software Engineering: Software Engineering Education and Training (ICSE-SEET)* (pp. 23-27). IEEE.
- E25. Macarthy, R. W., & Bass, J. M. (2020, August). **An empirical taxonomy of DevOps in practice**. In *2020 46th Euromicro Conference on Software Engineering and Advanced Applications (SEAA)* (pp. 221-228). IEEE.
- E26. McCarthy, M. A., Herger, L. M., Khan, S. M., & Belgodere, B. M. (2015, June). **Composable DevOps: automated ontology based DevOps maturity analysis**. In *2015 IEEE international conference on services computing* (pp. 600-607). IEEE.
- E27. Guerriero, M., Garriga, M., Tamburri, D. A., & Palomba, F. (2019, September). **Adoption, support, and challenges of infrastructure-as-code: Insights from industry**. In *2019 IEEE International Conference on Software Maintenance and Evolution (ICSME)*(pp. 580-589). IEEE.