



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), mayo-junio 2025,
Volumen 9, Número 3.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1

ADAPTACIÓN DE SCRUM AL DESARROLLO DE SOFTWARE CUÁNTICO: UN ARTÍCULO DE REVISIÓN METODOLÓGICA

**IMPACT OF RENEWABLE ENERGY TECHNOLOGIES ON
CLIMATE CHANGE MITIGATION: A LITERATURE REVIEW
OF THE LAST 5 YEARS**

José de Jesús Álvarez Ramírez

Universidad de Guadalajara, Doctorado en Tecnologías de Información.

Jessica Alexandra Gomez Moyano

Universidad de Guadalajara, Doctorado en Tecnologías de Información.

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i3.17963

Adaptación de Scrum al desarrollo de software cuántico: Un artículo de revisión metodológica

José de Jesús Álvarez Ramírez¹jose.alvarez1948@alumnos.udg.mx<https://orcid.org/0009-0004-2513-2701>Universidad de Guadalajara, Doctorado en
Tecnologías de Información.
México**Rocio Maciel Arellano**rmaciel@cucea.udg.mx<https://orcid.org/0000-0002-5548-2073>Universidad de Guadalajara, Doctorado en
Tecnologías de Información.
México

RESUMEN

El desarrollo de software para la computación cuántica representa un desafío emergente que exige nuevas estrategias de gestión y producción. La aplicación directa de metodologías ágiles como Scrum enfrenta limitaciones cuando se traslada a contextos donde predomina la incertidumbre científica, el acceso restringido a hardware especializado y la colaboración entre disciplinas técnicas diversas. Este artículo tiene como objetivo analizar cómo puede adaptarse Scrum al entorno de desarrollo cuántico, conservando sus principios fundamentales y respondiendo a las particularidades del dominio. Se utilizó una metodología cualitativa de tipo descriptiva, sustentada en la revisión de literatura científica y en el análisis de casos documentados en la industria, particularmente en empresas como IBM. Entre los principales hallazgos destacan la necesidad de redefinir la noción de entregables en cada sprint, flexibilizar la planificación iterativa mediante la incorporación de actividades de exploración (spikes), y fortalecer la comunicación multidisciplinaria a través de ajustes en los roles y artefactos del marco Scrum. Los resultados sugieren que, con las adaptaciones adecuadas, Scrum puede no solo aplicarse, sino convertirse en una herramienta estratégica para acelerar el desarrollo incremental de soluciones cuánticas, reducir riesgos técnicos y fortalecer la integración entre ciencia y producto.

Palabras clave: computación cuántica, Scrum, metodologías ágile

¹ Autor principal

Correspondencia: jose.alvarez1948@alumnos.udg.mx

Adapting Scrum to Quantum Software Development: A Methodological Review Article

ABSTRACT

Quantum software development represents an emerging challenge that requires new management and production strategies. The direct application of agile methodologies such as Scrum encounters limitations when transferred to contexts dominated by scientific uncertainty, restricted access to specialized hardware, and collaboration among diverse technical disciplines. This article aims to analyze how Scrum can be adapted to the quantum development environment while preserving its core principles and addressing the particularities of the domain. A qualitative, descriptive methodology was used, based on a review of scientific literature and analysis of documented industry cases, particularly from companies like IBM. Key findings include the need to redefine the notion of deliverables in each sprint, introduce flexible iterative planning through the inclusion of exploration activities (spikes), and enhance multidisciplinary communication by adjusting Scrum roles and artifacts. The results suggest that, with appropriate adaptations, Scrum can not only be applied but also become a strategic tool to accelerate the incremental development of quantum solutions, reduce technical risks, and strengthen the integration between scientific discovery and product development.

Keywords: quantum computing, scrum, agile methodologies

Artículo recibido 10 mayo 2025

Aceptado para publicación: 11 mayo 2025



INTRODUCCIÓN

La computación cuántica representa un paradigma tecnológico emergente con el potencial de transformar múltiples industrias. Sin embargo, el desarrollo de software cuántico aún se enfrenta a múltiples barreras técnicas, metodológicas y organizacionales, muchas no están presentes en la ingeniería de software tradicional. En este contexto, adaptar marcos de trabajo ya consolidados como Scrum se vuelve una estrategia relevante para gestionar la incertidumbre inherente.

Una diferencia fundamental entre proyectos clásicos y cuánticos radica en la madurez de sus entornos de desarrollo. Mientras que en el ámbito tradicional existen estándares, herramientas consolidadas y flujos de trabajo estables, en la computación cuántica muchas plataformas se encuentran aún en fase experimental. (Mario & Manuel, 2021)

En los últimos años, organizaciones como IBM, Google y Microsoft han impulsado agresivamente el desarrollo de plataformas cuánticas, tanto en hardware como en software, poniendo a disposición de la comunidad simuladores, kits de desarrollo e incluso acceso remoto a procesadores cuánticos reales. Estas iniciativas han estimulado la creación de aplicaciones potenciales en campos como la química computacional, la optimización combinatoria y el aprendizaje automático. Sin embargo, el proceso de construir software cuántico presenta desafíos fundamentales en cuanto a la definición de requerimientos, validación de resultados y coordinación de equipos técnicos y científicos. (Ali, Yue, & Abreu, 2022)

A diferencia del desarrollo clásico, donde es posible planificar entregas funcionales regulares y validar comportamientos, en el entorno cuántico muchas veces no es posible garantizar la viabilidad de una solución hasta haber realizado experimentos. Esta característica convierte al desarrollo cuántico en una actividad fuertemente exploratoria, donde el valor de cada iteración puede no estar en una nueva funcionalidad entregada, sino en el conocimiento adquirido a través del intento. Por esta razón, resulta imprescindible contar con un marco de trabajo que permita adaptarse con agilidad a lo inesperado, gestionar la incertidumbre de manera estructurada y facilitar la colaboración entre actores de disciplinas diferentes. (Weder, 2022)

En este contexto, las metodologías ágiles, y en particular Scrum, ofrecen una base valiosa para abordar la complejidad del entorno cuántico. La filosofía ágil propone ciclos iterativos, colaboración continua, y entrega incremental de valor, elementos que encajan naturalmente con procesos de investigación



donde el aprendizaje progresivo es clave. No obstante, aplicar Scrum en su forma tradicional a proyectos cuánticos requiere ajustes, dado que algunos de sus supuestos —como la capacidad de definir criterios de aceptación claros o de completar incrementos funcionales en cada sprint— no siempre son viables cuando se trabaja con algoritmos experimentales y hardware aún en evolución. (Khan, y otros, 2023)

El objetivo de este artículo es analizar cómo puede adaptarse el marco de trabajo Scrum al contexto del desarrollo de software cuántico, conservando sus valores fundamentales y respondiendo a los desafíos técnicos y organizativos del dominio. Para ello, se presenta una revisión de literatura académica y técnica, complementada con casos documentados de la industria cuántica, como IBM. A partir de este análisis, se proponen lineamientos de adaptación concretos para roles, artefactos y eventos de Scrum. El documento se estructura en las siguientes secciones: metodología empleada, principales hallazgos y discusión, conclusiones finales y referencias bibliográficas.

METODOLOGÍA

Este estudio adopta un enfoque cualitativo y descriptivo, centrado en el análisis de la viabilidad y adaptación de la metodología Scrum al desarrollo de software en el ámbito de la computación cuántica. Se aplicó un diseño no experimental, lo cual permite observar y analizar fenómenos existentes sin intervenir en ellos directamente.

La técnica de recolección de datos fue la revisión documental sistemática, enfocada en literatura académica y técnica publicada entre 2018 y 2024. Se consideraron tanto estudios teóricos como casos de aplicación industrial en entornos cuánticos. (Paltenghi, 2023)

El proceso de selección de fuentes se basó en un muestreo intencionado, priorizando publicaciones indexadas en bases como IEEE Xplore, SpringerLink y ACM Digital Library. Se establecieron como criterios de inclusión: pertinencia temática respecto a metodologías ágiles y cómputo cuántico, publicación entre 2018 y 2024, y disponibilidad de información metodológica clara. Se excluyeron textos sin respaldo académico, entradas de blogs no técnicos y documentos sin revisión por pares. (Weder, 2022)

Como instrumento de recolección de información se utilizó una matriz de análisis documental, diseñada para extraer patrones en la descripción de roles, eventos, artefactos y adaptaciones de Scrum en contextos de investigación científica o desarrollo experimental. Esta herramienta permitió identificar

similitudes y diferencias metodológicas entre propuestas existentes, facilitando una categorización de buenas prácticas aplicables al desarrollo de software cuántico. (Mario & Manuel, 2021)

Dado que no se trabajó con sujetos humanos ni con datos personales, no fue necesario aplicar consentimiento informados. Como limitación, se reconoce que la ingeniería de software cuántico aún es un campo en consolidación, por lo que el número de estudios empíricos disponibles es reducido. No obstante, la diversidad de enfoques metodológicos encontrados permite sustentar propuestas viables de adaptación del marco Scrum al contexto cuántico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los hallazgos obtenidos mediante la revisión confirman que, si bien la implementación estándar de Scrum presenta limitaciones en contextos de investigación experimental como la computación cuántica, existen adaptaciones viables que respetan su filosofía iterativa. Uno de los ejes más relevantes es la redefinición de los entregables por sprint: en lugar de esperar una funcionalidad terminada como en el desarrollo clásico, los equipos cuánticos tienden a priorizar resultados de validación parcial, datos experimentales o reportes técnicos que contribuyen al conocimiento colectivo del proyecto.

Este enfoque permite al equipo inspeccionar no solo productos funcionales, sino también hipótesis evaluadas o técnicas descartadas, lo que convierte al “incremento” en una unidad de conocimiento antes que en una unidad funcional. Esta redefinición fue documentada en múltiples casos analizados, como los reportados por IBM Research, donde un experimento negativo (como la ineficiencia de una puerta cuántica particular) es considerado un entregable válido dentro del ciclo de revisión. (Brink & Chow, 2022)

Otro hallazgo relevante se relaciona con los ajustes en la duración y propósito de los sprints. En proyectos tradicionales, la entrega continua de funcionalidades es el núcleo del sprint. Sin embargo, en entornos cuánticos, se identificó una práctica consistente: la introducción de sprints de exploración (spikes) enfocados en validar hipótesis técnicas, simular algoritmos en condiciones restringidas o preparar experimentos físicos. Estos sprints no siempre resultan en código productivo, pero sí generan conocimiento decisivo para las etapas posteriores del desarrollo.

Este patrón fue identificado tanto en estudios académicos como en casos industriales, donde se recurre al timeboxing de tareas de investigación, lo que permite evaluar su viabilidad en ciclos cortos antes de



comprometer recursos a largo plazo. Esta práctica mejora la gestión del riesgo técnico y se alinea con el principio ágil de “inspección y adaptación”. (Ali, Yue, & Abreu, 2022)

Para sistematizar los hallazgos relacionados con la adaptación de Scrum al contexto cuántico, se construyó una comparación estructurada entre su aplicación tradicional y las modificaciones observadas en proyectos de software cuántico. A continuación, se presenta la Tabla 1, que resume los principales aspectos diferenciadores identificados en la revisión documental.

Tabla 1. Comparación entre Scrum tradicional y Scrum adaptado a proyectos de cómputo cuántico

Aspecto	Scrum tradicional	Scrum en proyectos cuánticos
Duración del sprint	1–4 semanas, con entregables funcionales	3–4 semanas o flexible, según la complejidad del experimento
Definition of Done	Funcionalidad completa, testeada y documentada	Conocimiento parcial, validaciones o descartes útiles
Tipo de entregables	Incrementos de producto con valor comercial	Resultados experimentales, simulaciones, pruebas o informes
Historias en el backlog	Historias orientadas a usuario y negocio	Hipótesis técnicas, tareas exploratorias o spikes
Revisión del sprint	Demostración funcional de software	Visualización de resultados, datos y conclusiones científicas parciales
Rol del Product Owner	Representante del negocio o cliente final	Líder técnico o científico con dominio profundo del dominio cuántico

Fuente: Elaboración propia con base en múltiples estudios revisados.

Este tipo de estructuración facilita la identificación de patrones de adaptación consistentes, y puede servir como guía para equipos que deseen implementar prácticas ágiles en entornos cuánticos. La inclusión del Product Owner con formación científica, por ejemplo, es un ajuste recurrente necesario para lograr una correcta priorización del backlog en función de viabilidad experimental, más allá del valor de negocio inmediato.

Un tercer hallazgo se relaciona con la gestión del backlog en condiciones de alta incertidumbre. A diferencia del desarrollo clásico, donde las historias de usuario suelen describir funcionalidades claras

con valor de negocio directo, en el contexto cuántico muchas historias representan hipótesis técnicas por validar. En estos casos, el criterio de éxito no siempre es entregar una característica funcional, sino responder una pregunta científica o confirmar una aproximación algorítmica.

Se observó que algunos equipos optan por incluir tipos diferenciados de ítems en el backlog, como historias de experimentación, tareas de análisis o validaciones técnicas, y que utilizan etiquetas o colores específicos para identificarlas. Esta práctica, aunque simple, permite mejorar la visibilidad y gestionar mejor las expectativas de stakeholders técnicos y no técnicos. (Sivarajah, Kamal, Irani, & Weerakkody, 2020)

Finalmente, se identificó que el rol del Scrum Master requiere una transformación activa para facilitar la integración de perfiles no tradicionales en el equipo, como físicos teóricos, investigadores postdoctorales o ingenieros especializados en hardware cuántico. En varios casos, el Scrum Master actúa no solo como facilitador de procesos, sino como puente entre culturas organizacionales distintas, traduce marcos de referencia y apoya la gestión de expectativas en contextos donde el “avance” es difuso o no lineal.

Este ajuste refleja una necesidad estructural: en entornos de investigación aplicada, los artefactos y rituales de Scrum deben enfocarse tanto en la visibilidad del conocimiento generado como en el ritmo de avance técnico, incluso si los resultados son negativos. De hecho, uno de los aportes más significativos observados es que Scrum, bien adaptado, puede funcionar como un marco para gestionar el fracaso científico de manera productiva, ofreciendo ciclos de validación cortos que permiten pivotar antes de invertir recursos en soluciones inviable.

Esta novedad —usar Scrum como instrumento de descubrimiento en vez de solo entrega— aporta una dimensión inédita a su aplicación, que contrasta con visiones tradicionales centradas exclusivamente en productos funcionales. (Gruner, Dey, & Abrahams, 2022)

CONCLUSIONES

Los hallazgos obtenidos permiten afirmar que la metodología Scrum, si bien fue concebida para entornos de desarrollo de software convencional, puede adaptarse eficazmente al contexto altamente incierto y técnico de la computación cuántica. Las adaptaciones observadas —como la redefinición del “Definition of Done”, la incorporación de sprints exploratorios, la flexibilidad en la planificación y la inclusión de



perfiles científicos en roles clave— permiten preservar los principios ágiles sin forzar su aplicación a realidades para las que no fueron originalmente diseñados.

Más allá de lo metodológico, este estudio subraya un cambio de enfoque en cómo se concibe el valor en proyectos cuánticos: no siempre como un producto funcional, sino como conocimiento validado que reduce la incertidumbre y orienta decisiones futuras. En este sentido, Scrum deja de ser una herramienta exclusiva para entrega continua de software, y se transforma en un marco útil para gestionar exploración tecnológica, incluso en dominios emergentes y de alta complejidad.

A futuro, sería valioso ampliar esta línea de investigación con estudios de campo en organizaciones cuánticas, así como desarrollar marcos híbridos más formalizados que integren prácticas ágiles con principios de investigación científica. Esta convergencia puede facilitar el camino hacia una verdadera ingeniería de software cuántico estructurada y sostenible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ali, S., Yue, T., & Abreu, R. (2022). *hen software engineering meets quantum computing*.

Communications of the ACM, 84–88. <https://doi.org/10.1145/3512340>.

Brink, M., & Chow, J. (Mayo de 18 de 2022). IBM Quantum Blog. Obtenido de IBM Quantum Blog:

<https://www.ibm.com/quantum/blog/agile-quantum-hardware-development>

Gruner, S., Dey, M., & Abrahams, M. (2022). *Agility and adaptability in quantum technology teams*.

En S. Gruner, M. Dey, & M. Abrahams, *Handbook of Agile and Lean Practices* (págs. 221-

240). https://doi.org/10.1007/978-3-030-78961-2_11. Springer.

Khan, A. A., Akbar, M. A., Ahmad, A., Fahmideh, M., Shameem, M., Lahtinen, V., & Mikkonen, T.

(2023). *Agile practices for quantum software development: Practitioners' perspectives*. IEEE International Conference on Quantum Software (QSW), 9-20.

<https://doi.org/10.1109/QSW59989.2023.00012>.

Mario, P., & Manuel, S. (2021). *Toward a Quantum Software Engineering*. *IT Professional*, 62–66.

<https://ieeexplore.ieee.org/document/9340056>.

Paltenghi, A., Gheorghiu, V., & Khoudeir, M. (2023). *A systematic literature review on quantum*

software engineering. IEEE International Conference on Quantum Software (QSW), 59–70.

<https://doi.org/10.1109/QSW59989.2023.00016>.



Sivarajah, S., Kamal, M., Irani, Z., & Weerakkody, V. (2020). Adopting agile practices in emerging technology environments: A case of quantum software development. ACM International Conference on Management of Engineering and Technology, 237-334.
<https://doi.org/10.1145/3404737.3404751>.

Weder, B., Barzen, J., Leymann, F., & Vietz, D. (2022). Quantum Software Development Lifecycle. En M. A.-C. Serrano, Quantum Software Engineering (págs. 61-83.
https://doi.org/10.1007/978-3-031-05324-5_4). Springer.

