

Impacto de la computación cuántica en las organizaciones y su infraestructura tecnológica*

Impact of quantum computing on organizations and their technological infrastructure

Diego León Betancur Pérez ** Anny Carolina Betancur Taborda §
Leydi Johanna Henao Tamay ¶



Fecha de entrega: 16 de junio de 2025
Fecha de evaluación: 24 de agosto de 2025
Fecha de aprobación: 01 de septiembre de 2025

Cómo citar este artículo: Betancur Pérez, D. L., Betancur Taborda, A. C., & Henao Tamayo, L. J. (2025). Impacto de la computación cuántica en las organizaciones y su infraestructura tecnológica. *CITAS*, 11(2), 93-100. <https://doi.org/10.15332/24224529.11077>

Resumen

El presente artículo analiza el impacto de la computación cuántica (CQ) como una tecnología emergente con el potencial de transformar las organizaciones y su infraestructura tecnológica. El objetivo principal fue describir los desafíos que enfrentan las empresas al adoptarla, así como las oportunidades que ofrece en un mercado cada vez más competitivo y estratégico dentro de la lógica exponencial. Los hallazgos muestran que, aunque la computación cuántica promete revolucionar áreas como la optimización de recursos, la reducción de tiempos de procesamiento y la simulación de escenarios futuros para apoyar la toma de decisiones informadas y la mitigación de riesgos, su implementación presenta obstáculos significativos. Entre ellos se destacan los altos costos, la necesidad de talento especializado y los nuevos riesgos de seguridad.

* Artículo de investigación.

** Instituto Tecnológico Metropolitano, Colombia. Correo de correspondencia: diegobetancur310104@correo.itm.edu.co.  ORCID: 0009-0006-9530-9861.

§ Instituto Tecnológico Metropolitano, Colombia. Correo: annybetancur311280@correo.itm.edu.co.  ORCID: 0009-0001-6632-7060.

¶ Instituto Tecnológico Metropolitano, Colombia. Correo: leydihenao@itm.edu.co.  ORCID: 0000-0001-5304-4451.

Para superar estas barreras, los modelos híbridos que combinan infraestructura en la nube y local, junto con el uso de microservicios, se perfilan como alternativas viables que permiten a las organizaciones acceder a esta tecnología sin requerir una inversión inicial excesiva.

En conclusión, la investigación aporta a la discusión académica al plantear que la computación cuántica no debe entenderse como un reemplazo, sino como un complemento que puede integrarse de manera gradual y cuidadosa. El camino hacia su consolidación exige esfuerzos en educación y en el diseño de políticas públicas que garanticen un desarrollo accesible, ético y equitativo, evitando que se convierta en una herramienta exclusiva para unos pocos.

Palabras clave:

computación cuántica, organizaciones, microservicios

Abstract

This article investigates the impact of quantum computing (QC) as an emerging technology with the potential to benefit businesses and their technological infrastructure. The main objective is to describe the challenges organizations face when adopting it, as well as the opportunities it offers in increasingly competitive and strategically complex markets driven by exponential growth. The study also identified that, while quantum computing promises to revolutionize areas such as resource optimization, productivity efficiency, and the simulation of future scenarios—enabling better-informed decision-making and risk mitigation—its implementation encounters significant obstacles: high costs, the need for specialized talent, and new security risks. To address these barriers, hybrid models combining cloud and local infrastructure, as well as microservices, have emerged as practical alternatives, enabling organizations to access this technology without requiring substantial initial investment. Ultimately, this research contributes to the academic discussion that quantum computing is not a replacement but rather a complement that can be integrated gradually and carefully. The path forward requires efforts in education and policy to ensure accessible and ethical development, preventing it from becoming a tool reserved for only a few.

Keywords:

quantum computing, organizations, microservices

Metodología

Para el análisis planteado sobre la computación cuántica (CQ) y su relación inherente con las organizaciones, se llevó a cabo una investigación de carácter descriptivo-cualitativo, que, de manera holística, ofrece información sobre hechos observables con potencial de favorecer la trazabilidad empresarial a partir de la adopción de esta tecnología.

La pregunta de investigación se centra en responder: ¿Qué beneficios se pueden obtener a partir de la adopción de la CQ? y ¿Qué ventajas competitivas pueden derivarse del análisis de datos que impulsen, de manera disruptiva, la productividad de las compañías?

En este sentido, se presenta un artículo exploratorio, sustentado en búsquedas en fuentes de datos estructuradas, como *Science Direct*, y no estructuradas, como IBM y Microsoft. El criterio de selección de los documentos consideró la relevancia y actualidad de la información, estableciendo como rango temporal los años 2018 a 2025. Los artículos fueron filtrados de acuerdo con su pertinencia frente a los objetivos del estudio, priorizando aquellos que abordaran aspectos relacionados con la CQ aplicada en las organizaciones, los modelos híbridos, los microservicios, los desafíos y las ventajas competitivas.

De esta manera, mediante el análisis crítico y la identificación de patrones, fue posible reconocer los beneficios potenciales y las limitaciones actuales de esta tecnología emergente.

Objetivos de investigación

- Identificar los desafíos que enfrenta la computación cuántica (CQ) en las organizaciones.
- Analizar las ventajas competitivas que ofrece la adopción de la CQ en un mercado altamente competitivo.
- Proponer un modelo de integración de la CQ en las organizaciones que permita contrarrestar los desafíos y facilite el acceso a esta tecnología emergente.

Desarrollo de modelos híbridos y microservicios en computación cuántica

La computación cuántica (CQ) “es un campo emergente que utiliza los conceptos de la mecánica cuántica para realizar cálculos a gran escala. Es una intersección de campos como las matemáticas, la física y la informática” (Hassija, Chamola, Saxena, Chanana, Parashari, Mumtaz y Guizani, 2020). Emerge como una de las tecnologías más prometedoras para transformar las organizaciones en el marco de la industria 4.0.

A diferencia de los ordenadores tradicionales, que procesan información en sistemas binarios, los ordenadores cuánticos operan con qbits, definidos como “la unidad básica de información utilizada para codificar datos en computación cuántica” (Schneider y Smalley, 2024). Estos permiten realizar cálculos a mayores velocidades y con una eficiencia superior.

Se trata de una tecnología emergente con el potencial de transformar radicalmente a las organizaciones en sectores claves como el financiero, gubernamental, ciberseguridad, salud, telemetría y criptografía avanzada, entre otros.

Sin embargo, a pesar de sus enormes ventajas, la adopción de la computación cuántica en las organizaciones no está exenta de desafíos, entre los que se encuentran los altos costos de implementación, la falta de talento especializado y los problemas de seguridad.

En este documento se exploran las ventajas y desventajas que las organizaciones deben considerar al incorporar la computación cuántica (CQ) en su infraestructura tecnológica.

Nuevas proyecciones empresariales podrían verse beneficiadas por el crecimiento exponencial de la disrupción digital en el marco de la industria 4.0. Sin embargo, la adopción de tecnologías emergentes —en este caso la CQ— puede percibirse como coercitiva cuando se analizan los desafíos e incertidumbres que conlleva.

En efecto, la transición hacia nuevos sistemas de información basados en experiencias organizacionales sigue siendo casi nula. Por lo tanto, el temor a la adopción alcanza su mayor auge. Surge entonces la pregunta: ¿cómo aborda el conocimiento desde la transición y transformación de datos complejos en información cuántica relevante, centrada en ventajas competitivas para las organizaciones?

En este sentido, la CQ ofrece un procesamiento de información a gran escala y a velocidades superiores, en escenarios que la computación binaria tradicional está lejos de alcanzar. No obstante, junto con sus potenciales beneficios, también se evidencian riesgos significativos. Estudios recientes señalan que, en la actualidad, las compañías podrían quedar expuestas a múltiples problemas, y que las actividades de

transferencia tecnológica aún no logran garantizar el cumplimiento de los objetivos organizacionales, dado que la CQ se encuentra en una fase introductoria.

Un ejemplo de ello lo menciona Fellous-Asiani (2022, como se citó en Desdentado, Calero, Moraga, Serrano y García, 2024): “Como contrapartida a la computación clásica, las ejecuciones de los ordenadores cuánticos son propensas a errores debido al ruido, incoherencias y otros problemas relacionados con el acceso o con el no aislamiento de los qubits”. Es decir, la CQ es susceptible a fallos en su operatividad por la desestabilización de los qubits.

En consecuencia, las organizaciones quedarían expuestas a niveles de riesgo elevados, relacionados con la ineficiencia, la pérdida de información o la inestabilidad de la infraestructura tecnológica. En este contexto, la tecnología como objeto de estudio plantea la siguiente cuestión: ¿qué puede ofrecer en la actualidad?

Resultados

En la actualidad, existen soluciones basadas en microservicios de arquitectura híbrida. En otras palabras, esta alternativa ofrece mayor accesibilidad a los beneficios de la tecnología sin necesidad de contar con una infraestructura altamente especializada. Funciona como “un programa clásico que tiene uno o más componentes de software que se implementan usando tecnología cuántica” (Stirbu, Kinanen, Haghparast y Mikkonen, 2024).

De esta manera, las organizaciones pueden acceder a la computación cuántica a través de un microservicio que resuelva una necesidad puntual en un tiempo reducido. Un ejemplo de este modelo se representa en la figura 1.

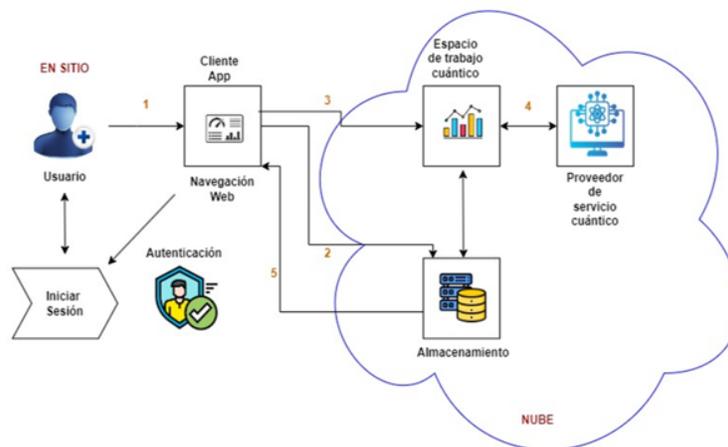


Figura 1. *Arquitectura de un modelo híbrido de computación cuántica, basado en las buenas prácticas de Microsoft Azure*

Fuente: elaboración propia.

La imagen ilustra un proceso en el que un espacio de trabajo cuántico interactúa con un cliente desde un modelo clásico binario. Dicho cliente busca acceder a un proveedor de servicios cuánticos en la nube con el fin de resolver un problema complejo y específico.

En este esquema, el componente Cliente App representa la aplicación del cliente, que puede corresponder a un software o a una interfaz desde la cual se inicia el proceso. El usuario interactúa con

esta aplicación mediante diferentes medios, como la navegación web. Además, se incorpora el doble factor de autenticación como paso esencial para el inicio de sesión, lo que proporciona un nivel adicional de seguridad. Este mecanismo contribuye a una protección granular y a la reducción de riesgos relacionados con accesos no autorizados a cuentas o datos confidenciales.

En este contexto, el espacio de trabajo cuántico constituye el núcleo de la arquitectura presentada en la figura, ya que allí se gestionan las peticiones y operaciones cuánticas. Estas pueden estar orientadas a la optimización de procesos, análisis de datos, predicciones del comportamiento del mercado, gestión de riesgos financieros, toma de decisiones bajo altos niveles de incertidumbre o simulación de sistemas complejos, entre otras aplicaciones.

El proveedor de servicios cuánticos desarrolla sus capacidades de procesamiento para ejecutar algoritmos o cálculos a petición del cliente. Una vez finalizado el proceso, los resultados se almacenan en la nube, lo que garantiza tanto el retorno eficiente del servicio como su respaldo.

En la era actual de la computación, la escalabilidad y la resolución de problemas complejos requieren superar los límites de los sistemas clásicos. En este sentido, la integración de capacidades de computación cuántica (CQ) permite abordar desafíos que, en muchos casos, resultan intratables con los métodos tradicionales. Empresas como IBM, Microsoft, D-Wave y Google ya ofrecen soluciones cuánticas potentes y confiables para resolver problemas de relevancia comercial que exceden las capacidades de la computación convencional.

De acuerdo con Ahmad, Altamimi y Aqib (2024): “al combinar modelos cuántico-clásicos, se pueden crear catálogos de patrones que contribuyan a desarrolladores e ingenieros novatos, confianza en el conocimiento de reutilización y mejores prácticas en la orientación de servicios cuánticos impulsada por microservicios.”

En consecuencia, transformar la infraestructura cuántica en microservicios aporta ventajas competitivas que permiten a las organizaciones ingresar proactivamente al ecosistema cuántico. Este avance posibilita acelerar procesos y calcular información que los sistemas clásicos no podrían procesar de manera autónoma. Gracias a la orquestación entre lo clásico y lo cuántico, se configura una solución híbrida que rompe paradigmas asociados a la inaccesibilidad o el alto costo de la CQ.

De esta forma, la computación cuántica se proyecta como una tecnología emergente que, aunque opera de manera remota, ofrece un conjunto de funcionalidades avanzadas sustentadas en los principios de entrelazamiento y superposición de qubits. Por otro lado, la computación cuántica (CQ) puede generar riesgos asociados al monopolio del sector, dado que solo unos pocos actores tendrían acceso a la infraestructura necesaria para comercializar los microservicios. En consecuencia, y debido a estrategias de mercado, su desarrollo podría verse ralentizado y afectado. Para los medios de comunicación, no es un secreto la constante competencia entre grandes compañías por la llamada supremacía cuántica, y que son, precisamente, las mismas que hoy ofrecen dichos servicios.

Un ejemplo de esta pugna ocurrió cuando “Google anunció que una computadora avanzada logró la ‘supremacía cuántica’ por primera vez, superando el rendimiento de los dispositivos convencionales” (Rincón, 2019). Sin embargo, IBM cuestionó estos resultados y señaló que “las computadoras cuánticas nunca reinarán ‘supremas’ sobre las computadoras clásicas, sino que trabajarán junto a ellas, ya que cada una tiene sus fortalezas únicas” (Rincón, 2019). Más allá del debate técnico, estas disputas evidencian cómo los intereses económicos pueden limitar la innovación, el desarrollo tecnológico y la adopción de la CQ. Por ello, se hace urgente establecer políticas públicas que regulen su avance y garanticen un acceso más equitativo, de modo que su potencial transformador no quede restringido a un círculo privilegiado de actores.

No obstante, estos escenarios de competencia corporativa y limitaciones de acceso no han impedido que la CQ comience a consolidarse en nichos y segmentos estratégicos del mercado, donde la combinación de

bits y qubits ofrece modelos de alto valor. En la actualidad, lejos de permanecer estática, la disciplina avanza hacia modelos más pragmáticos, que van desde algoritmos científicos de alta complejidad hasta aplicaciones industriales y empresariales capaces de analizar, comprender y comparar mercados globales disruptivos.

Un ejemplo lo constituye la iniciativa del presidente y director de *Spectral Capital Corporation*, quien promueve el programa puente cuántico. Según Brehm (2024), este programa busca materializar el potencial de la computación cuántica transformando la investigación avanzada en aplicaciones prácticas, y facilitando que los *startups* trasladen sus innovaciones del laboratorio al mercado. En este sentido, no se trata únicamente de “hacer lo mismo más rápido”, sino de resolver problemas que hasta ahora eran imposibles de abordar.

Gracias a estas capacidades, los *startups* pueden enfrentar desafíos en optimización, modelado y aprendizaje automático (machine learning) que supercomputadoras tradicionales no lograrían resolver en tiempos razonables. Esto les permite incursionar en mercados inaccesibles y dominar nichos estratégicos, reduciendo riesgos y potenciando la mejora continua. La clave está en adoptar una estrategia híbrida, que permita generar productos utilizables en la actualidad con la infraestructura disponible, mientras se construyen las bases para el futuro. Intentar reemplazar la computación clásica de manera inmediata constituiría, sin duda, un error estratégico.

La visión estratégica hacia el futuro de la infraestructura tecnológica empresarial debe ser fluida y progresiva, articulando la interacción entre los sistemas computaciones binarios dominantes y las tecnologías cuánticas emergentes, que prometen revolucionar la industria 4.0. En lugar de plantear un reemplazo total de la infraestructura actual, se propone una integración gradual, persistente y complementaria, de tal forma que ambas tecnologías coexistan y colaboren, garantizando sostenibilidad en el tiempo, acompañada de mayores niveles de retorno de inversión, eficacia y productividad.

En este marco, diversos autores han documentado implementaciones concretas de la computación cuántica (CQ) en organizaciones. Entre los casos más representativos: DHL, ExxonMobil, Boeing y Mercedes Benz, aplican algoritmos híbridos, simulación cuántica y optimización de procesos para reducir costos de operación, mejorar materiales y acelerar el desarrollo tecnológico, especialmente en distribución, catálisis química y baterías eléctrica.” (García, Pérez y Chen, 2025). Así, esta visión de adopción progresiva y alianzas estratégicas permite afirmar que la CQ ya no constituye una promesa lejana, sino una tecnología emergente en fase primaria de integración real, especialmente en el sector industrial, donde las organizaciones buscan ventajas competitivas mediante modelos híbridos. Sin embargo, esta evolución tecnológica solo será sostenible si se fundamenta en una base sólida del talento humano capacitado y especializado. La creciente dependencia de plataformas cuánticas ofrecidas por IBM, Microsoft o Google refuerza la brecha entre quienes poseen las competencias necesarias para adaptar y aplicar estos avances y quienes quedan rezagadas por falta de formación técnica y científica. En este sentido, “la adopción y la transferencia del conocimiento deberá quedar servida sobre la mesa”.

La educación en competencias cuánticas se convierte, por lo tanto, en un eje estratégico. Hablar de CQ en la actualidad puede resultar todavía abstracto, ya que el acceso a programas de formación en este campo es limitado. De hecho, “el estudiante típico de informática carece de conocimientos previos de mecánica cuántica y a menudo tiene dificultades para comprender los conceptos de CQ” (Ahmad, Khan, Mahmood, Ikram, Akbar y Liang, 2023). Esta situación, aunque poco visible, alimenta indirectamente el monopolio del conocimiento y restringe la innovación. Para contrarrestarlo, será necesario promover políticas públicas transversales que fomenten la formación cuántica desde etapas tempranas, democratizando el acceso al conocimiento y permitiendo que la innovación tecnológica se descentralice más allá de un reducido grupo de corporaciones con gran capacidad financiera.

Expuesto lo anterior, surge el interrogante: ¿qué alternativas se están considerando para alfabetizar a la población en conocimientos cuánticos? Actualmente, se destacan estrategias que promueven el conocimiento científico. Un ejemplo es el trabajo de Chi-Chih Yao, profesor y especialista en computación cuántica,

criptografía e inteligencia artificial, quien ha impulsado el programa de los “1000 Talentos”. Dicho programa busca “construir un centro de clase mundial para la investigación en formación cuántica y para la formación de la próxima generación de científicos en esta área” (Poo, 2018). Este modelo de focalización del conocimiento no solo integra la innovación, sino que también resalta la importancia de formar capital humano especializado. Iniciativas de este tipo permiten posicionar a los países que las promuevan como actores clave en la carrera cuántica global, fomentando la colaboración interdisciplinaria y acelerando la transferencia de conocimiento hacia el sector productivo. En ese sentido, la meta no es únicamente formar científicos, sino construir un ecosistema integral de innovación cuántica capaz de integrarse en las industrias estratégicas de cada nación.

Finalmente, el camino hacia la democratización de la CQ sigue planteando más incertidumbres que certezas. Aunque las alianzas estratégicas y los programas de formación intentan reducir la brecha en adopción, transferencia tecnológica y gestión del conocimiento, persisten desafíos críticos: ¿qué mecanismos garantizarán un acceso ético y equitativo a estas tecnologías disruptivas?, ¿cuál debe ser la relación entre el sector público y privado?, ¿continuará la CQ evolucionando en sus debidos procesos?

De hecho, Hidary y Sarkar (2023) expresaron preocupaciones relevantes: “alto impacto en la ciberseguridad; los líderes de tecnología cuántica deben comprometerse más en la inclusión de la educación de CQ. Y solo 17 países han invertido en I+D+i, mientras que más de 150 países no lo han hecho.” Estas cifras no solo reflejan una creciente brecha tecnológica, sino que invitan a una reflexión más profunda y holística sobre el papel que deben asumir los diferentes actores globales.

¿Estamos preparados? ¿Cómo asegurar que el desarrollo de la computación cuántica no reproduzca las desigualdades existentes a nivel social, económico y científico, sino que contribuya a superarlas? El debate está abierto. Su evolución dependerá de nuestra capacidad colectiva para avanzar y democratizar el acceso sistémico e interdependiente a estas tecnologías emergentes.

Conclusiones

1. La computación cuántica, como tecnología emergente, se encuentra en una etapa de constante evolución. Sin embargo, uno de los mayores retos radica en la falta de desarrollo de hardware a gran escala, debido a sus altos costos. En consecuencia, su optimización en términos de confiabilidad y trazabilidad aún está lejos de alcanzar la supremacía esperada, lo que limita su escalabilidad hacia un mayor número de participantes en el entorno organizacional y en la productividad empresarial.
2. La carencia de educación y formación especializada en computación cuántica puede restringir el progreso y la implementación de soluciones en diversas industrias. Por ello, invertir en programas de educación y capacitación será fundamental para aprovechar plenamente esta tecnología emergente.
3. La implementación de microsistemas apoyados en infraestructura de computación cuántica permite generar una ventaja competitiva en un entorno en constante cambio, fomentando una trazabilidad económica tanto para los usuarios como para los proveedores de CQ. No obstante, se observan indicios de monopolio derivados de la competencia por la supremacía cuántica. En este sentido, se requieren políticas que regulen y estandaricen de manera integral el uso de la capacidad instalada, al tiempo que se promueva el desarrollo mediante programas y metodologías educativas orientadas a la familiarización con estos temas.
4. Los modelos híbridos basados en la computación cuántica se perfilan como un arquetipo comercial viable para las organizaciones que aún no pueden acceder a infraestructura física propia. De esta forma, las empresas pueden experimentar tempranamente los beneficios de la CQ mediante soluciones avanzadas. Se recomienda abrir líneas de investigación enfocadas en el diseño y validación de arquitecturas híbridas, estrategias que garanticen un equilibrio frente a las grandes empresas, evitando así el monopolio de la industria.

Referencias

- Ahmad, A., Altamimi, A. B., & Aqib, J. (2024). A reference architecture for quantum computing as a service. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 36(6), 102094. <https://doi.org/10.1016/J.JKSUCI.2024.102094>
- Ahmad, A., Khan, A. A., Mahmood, S., Ikram, N., Akbar, M. A., & Liang, P. (2023). *Engineering software systems for quantum computing as a service: A mapping study*. IEEE preprint. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.14713>
- Brehm, S. M. (2024). *Exclusive interview with sean michael brehm from spectral capital corporation (FCCN) on quantum computing*. Fast Company South Africa. <https://fastcompany.co.za/tech/2024-08-12-exclusive-interview-with-sean-michael-brehm-from-spectral-capital-corporation-fccn-on-quantum-computing/>
- Brehm, S. M., & Spectral Capital. (2025). *Centros de datos de puente cuántico descentralizados en la nube híbrida y de edge*. DCD. <https://www.datacenterdynamics.com/es/opinion/centros-de-datos-de-puente-cuantico-descentralizados-en-la-nube-hibrida-y-de-edge/>
- Desdentado, E., Calero, C., Moraga, M. Á., Serrano, M., & García, F. (2024). Exploring the trade-off between computational power and energy efficiency: An analysis of the evolution of quantum computing and its relation to classical computing. *The Journal of Systems and Software*, 217, 112165. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2024.112165>
- García, L., Pérez, M., & Chen, X. (2025). Quantum computing ecosystems: Partnerships and applications. *The Journal of Supercomputing*, 79(12), 14567–14589. <https://doi.org/10.1007/s11227-025-07047-7>
- Hassija, V., Chamola, V., Saxena, V., Chanana, V., Parashari, P., Mumtaz, S., & Guizani, M. (2020). Present landscape of quantum computing. *IET Quantum Communication*, 1(2). <https://doi.org/10.1049/iet-qtc.2020.0027>
- Hidary, J., & Sarkar, A. (2023). *El mundo camina hacia una “brecha cuántica”*. Foro Económico Mundial. <https://acortar.link/dz05WJ>
- Poo, M. M. (2018). New mandates for reform of china’s research infrastructure. *National Science Review*, 5(4). <https://doi.org/10.1093/nsr/nwy060>
- Rincón, P. (2019). *Cuál es la “supremacía cuántica” que google asegura haber alcanzado (y por qué algunos lo ponen en duda)*. BBC News Mundo. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-50153229>
- Schneider, J., & Smalley, I. (2024). *¿Qué es un qubit?* IBM. <https://www.ibm.com/es-es/topics/qubit>
- Stirbu, V., Kinanen, O., Haghparast, M., & Mikkonen, T. (2024). Qubernetes: Towards a unified cloud-native execution platform for hybrid classic-quantum computing. *Information and Software Technology*, 175, 107529. <https://doi.org/10.1016/J.INFSOF.2024.107529>