



PATRICIA GARCÍA GARRIDO

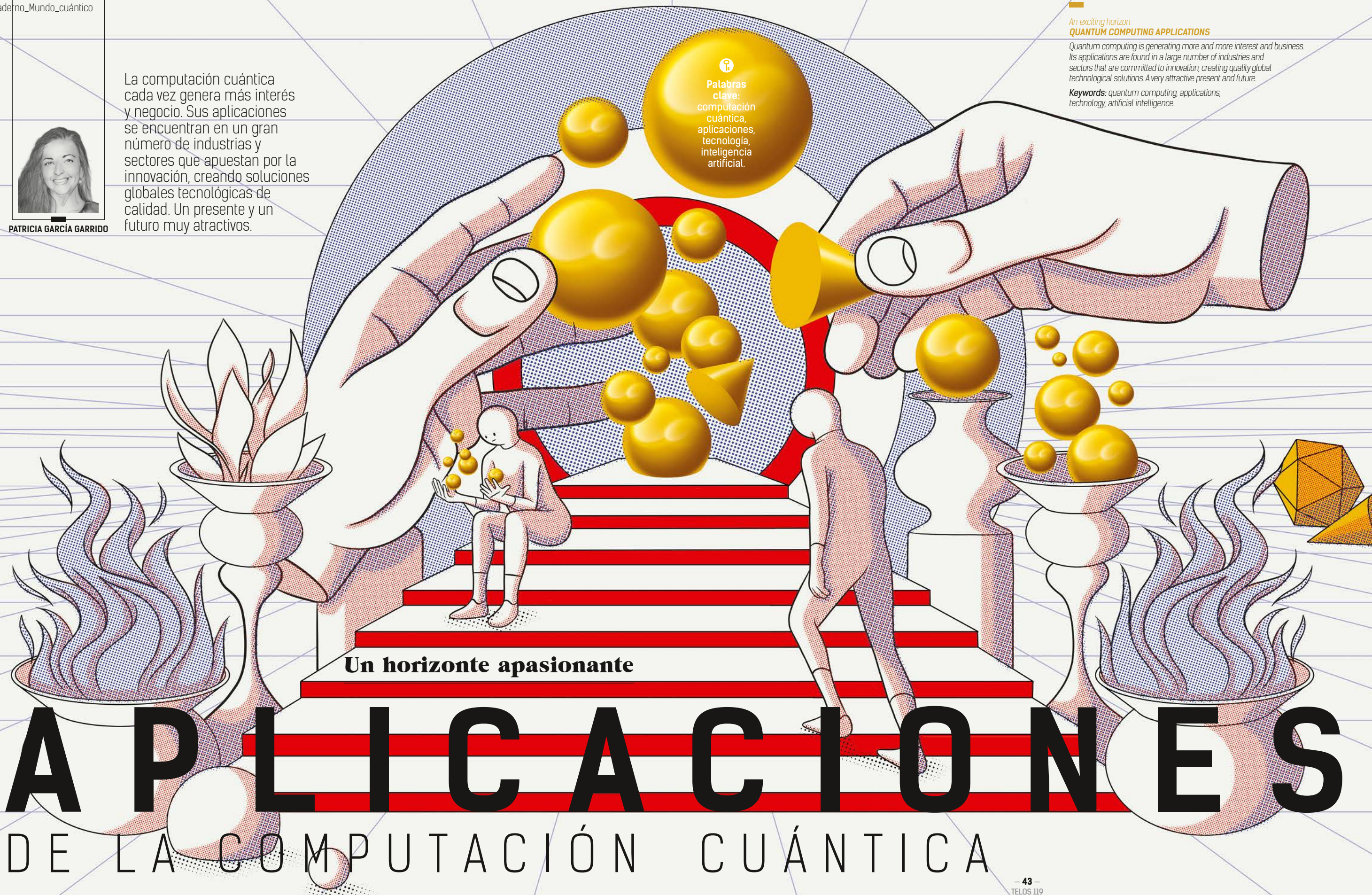
La computación cuántica cada vez genera más interés y negocio. Sus aplicaciones se encuentran en un gran número de industrias y sectores que apuestan por la innovación, creando soluciones globales tecnológicas de calidad. Un presente y un futuro muy atractivos.

Palabras clave: computación cuántica, aplicaciones, tecnología, inteligencia artificial.

An exciting horizon
QUANTUM COMPUTING APPLICATIONS

Quantum computing is generating more and more interest and business. Its applications are found in a large number of industries and sectors that are committed to innovation, creating quality global technological solutions. A very attractive present and future.

Keywords: quantum computing, applications, technology, artificial intelligence.



Un horizonte apasionante

APLICACIONES

DE LA COMPUTACIÓN CUÁNTICA

La computación cuántica es ya una realidad que va a marcar el futuro de la tecnología. Las inversiones empresariales y gubernamentales que apoyan su desarrollo aumentan significativamente, mientras que la tendencia creciente del número de proyectos iniciados y de las empresas interesadas en formar a su personal denotan que su aplicación es considerada como una opción actual, más que como una promesa futura.

El número de empresas que incorporan la computación cuántica en su oferta de servicios o productos ha aumentado, así como la oferta de formación, las plataformas de desarrollo, el número de ordenadores cuánticos y las facilidades para el acceso a los mismos.

La coexistencia actual de diferentes tecnologías deja abierta para el futuro la batalla por el posicionamiento hegemónico. No existe una única tecnología cuántica, sino un amplio abanico de interesantes opciones, con alianzas que cubren un ecosistema completo, en continuo crecimiento. Las diferentes tecnologías adoptadas por estas empresas, en algunos casos condicionan sus aplicaciones y los tipos de problemas a resolver.

Por sus características intrínsecas, la computación cuántica no se presenta como alternativa global de la computación clásica, sino como un complemento mucho más eficaz que esta en áreas específicas, con velocidades y versatilidades mucho mayores e inalcanzables por la computación clásica.

Algunos de los sectores, áreas e industrias que más se espera que vayan

a beneficiarse son: medio ambiente, ciencias, agricultura, salud, logística, energía, comercio minorista, automóvil, aeroespacial, finanzas y seguros.

Aplicaciones por sectores

Los avances más importantes para la salud y las ciencias se esperan en el estudio de las medicinas personalizadas, del ADN y del diseño de la estructura de las proteínas. La simulación de la estructura interna del nitrógeno permite reducir el gasto energético relacionado con los fertilizantes actuales, mejorando la calidad de estos. La simulación molecular es ideal para las máquinas cuánticas, ya que son capaces de simular el comportamiento de la naturaleza de forma más fiel que la computación clásica.

Los estudios sobre biología cuántica permitirán entender mejor los procesos de la fotosíntesis y de la ecolocalización de algunas aves. La simulación meteorológica realizará ajustadas predicciones sobre el cambio climático, beneficiando al medio ambiente, a la agricultura y a la sostenibilidad. Los primeros instantes del universo se están comprendiendo mejor gracias al estudio del comportamiento de la mecánica cuántica.

Los problemas de optimización son ideales para resolverse con la computación cuántica. La gestión del tráfico, la optimización de inventarios y cadenas de suministro y la obtención de rutas óptimas, son algunas de sus aplica-

ciones en las industrias de energía, de logística, de comercio minorista, de telecomunicaciones, de consumo y de gestión de flotas. La aplicación en la optimización de rutas óptimas puede ayudar a las empresas que necesiten identificar la mejor ruta a realizar, teniendo en cuenta costes, tiempo y contaminación. Se están realizando avances en las empresas energéticas para la optimización de redes, la eficiencia energética, la predicción de consumos y la captura óptima de la energía solar.

En el sector del automóvil, la mejora del tiempo de proceso de las tareas de entrenamiento de las redes neuronales y el aumento del volumen de las imágenes a procesar, mejora el aprendizaje automático de la inteligencia artificial para los coches autónomos y la visión artificial. En este sector también se están realizando estudios para la optimización de baterías.

La combinación interdisciplinar de la computación cuántica y de la inteligencia artificial (*Quantum Machine Learning*) aumenta el número de casos de uso de aplicación de la computación cuántica y mejora los procesos existentes en la inteligencia artificial.

La industria aeroespacial se ve beneficiada por el desarrollo de nuevos materiales, la optimización de rutas de vuelos, la asignación de aeronaves en aeropuertos, la planificación de misiones satelitales y la mejora de motores de recomendación, también de aplicación este último en comercio minorista.

En el sector de las finanzas, la inversión de cartera, el arbitraje de divisas,

el análisis de riesgos y la detección de fraude, son algunas de sus mejores aplicaciones, algunas comunes al sector de los seguros. La inversión de cartera trata de optimizar la recomendación de las posibles inversiones, reduciendo costes y procesos en comparación con la computación clásica. La optimización de este tipo de problemas beneficia a los sectores de banca, bolsa y seguros.

La criptografía y la ciberseguridad son de gran interés e inversión para el sector bancario. El problema que el avance de los algoritmos cuánticos, en concreto el algoritmo de Shor¹, y su implicación en la ruptura de claves criptográficas podría suponer, empuja a

No existe una
única tecnología
cuántica, sino un
amplio abanico
de interesantes
opciones, con
alianzas que
cubren un
ecosistema
completo

¹ En este video, seleccionado por la autora, se explica cómo funciona el algoritmo de Shor, uno de los algoritmos más famosos en el mundo de la computación cuántica, capaz de dividir un número en factores primos. Disponible en: https://youtu.be/6SIX_FR4wOM

Los sectores, áreas e industrias que más se beneficiarán de la computación cuántica son medio ambiente, ciencias, agricultura, salud, logística, energía, comercio, automóvil, aeroespacial, finanzas y seguros

su estudio y prevención. Aunque, para que este avance suponga un problema, tendrá que pasar todavía tiempo, y la evolución en paralelo de la criptografía cuántica y el Internet cuántico quizá pueda realizarse a más velocidad. Si bien es cierto, la protección de la información actual que debe guardarse durante años en los bancos, es una operativa realizada a día de hoy.

En cuanto a las comunicaciones cuánticas, se está diseñando y creando la infraestructura necesaria para el Internet cuántico, con futuras comunicaciones cuánticas completas. Esto permitirá una comunicación segura, libre de espionaje.

España cuántica

En España existen iniciativas y proyectos de gran interés que están impulsando el desarrollo y la evolución de la computación cuántica. Un buen ejemplo de esto es el reciente proyecto CUCO², de tres años de duración. Es el primer gran proyecto de computación cuántica a nivel nacional y empresarial, subvencionado por el CDTI y apoyado por el Ministerio de Ciencia e Innovación del Gobierno de España.

El proyecto CUCO tiene como objetivo progresar en el conocimiento científico y tecnológico de algoritmos de computación cuántica mediante la colaboración público-privada entre empresas, centros de investigación y universidades, que permita acelerar la implantación de estas tecnologías para su uso a medio plazo.

Este relevante proyecto, está liderado por GMV y formado por el consorcio de estas empresas: BBVA, Amatech, DAS Photonics, GMV, Multiverse Computing, Qilimanjaro Quantum

Tech y Repsol, junto con los siguientes centros de investigación: Barcelona Supercomputing Center (BSC), Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Donostia International Physics Center (DIPC), Instituto de Ciencias Fotónicas (ICFO) y Tecnalia y la Universidad Politécnica de Valencia. Su misión es investigar la computación cuántica aplicada a las industrias estratégicas de la economía española, como son energía, finanzas, logística, espacio y defensa. Investigarán casos de uso para la observación de la tierra, el cambio climático y el medioambiente, la trazabilidad de la información en las cadenas de suministro, la optimización y la simulación de cálculos financieros complejos, entre otros.

Multiverse es una de las empresas del proyecto CUCO. Esperanza Cuenca Gómez (directora de estrategia y divulgación) describe los proyectos de esta interesante empresa: “Los primeros proyectos que se abordaron en Multiverse Computing estaban en el sector financiero. Este es el caso de la optimización de carteras de inversión para BBVA y la optimización de carteras estáticas para Bankia/Caixa-Bank, por ejemplo. Dentro del sector financiero, actualmente están en marcha colaboraciones con un banco líder en Europa y una importante entidad financiera en Canadá. Las líneas de trabajo de Multiverse Computing se han expandido a otros sectores más allá del sector financiero, como el sector manufacturero, donde hay proyectos en marcha, y el sector público. Adicionalmente, Multiverse Computing es una de las organizaciones que participan en el proyecto CUCO”.

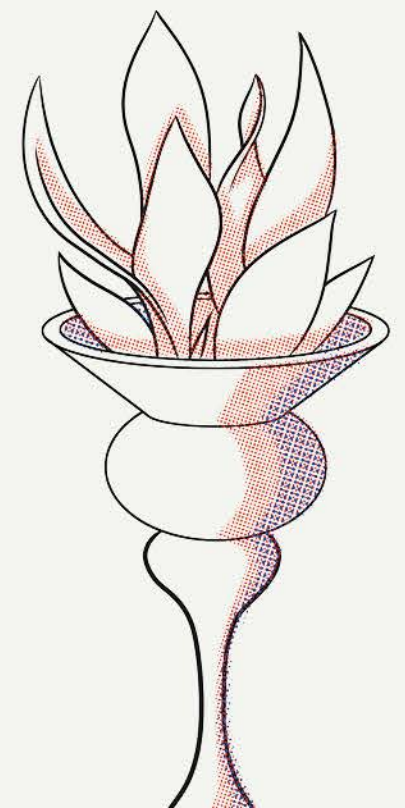
“Qilimanjaro Quantum Tech también participa en el proyecto CUCO para contribuir al *benchmarking* de los algoritmos cuánticos y de los ‘*quan-*

tum inspired’ clásicos, tanto en cuanto a prestaciones como a consumo energético, y en el que se prevén mejoras en órdenes de magnitud. Qilimanjaro es la *startup* de computación cuántica española que se centra en el co-diseño de chips cuánticos y de los algoritmos cuánticos para maximizar prestaciones de ciertas clases de aplicaciones como optimizaciones y *Machine Learning*. Es una *spin-off* de tres centros académicos de Barcelona y ha sido elegida recientemente como una de las ‘*5 Top Quantum Computing Startups to Watch in 2022*’ a nivel mundial. Ya ha instalado su primer ordenador cuántico para un cliente en los UAE y da servicios de algorítmica a la empresa de logística Stuart (del grupo francés GeoPost)”, cuenta Víctor Canivell, cofundador de Qilimanjaro Quantum Tech.

BSC coordina el proyecto Quantum Spain, además de formar también parte del proyecto CUCO. El proyecto incluye la construcción y puesta en marcha del primer ordenador cuántico del sur de Europa, que se instalará en el BSC. En el programa Quantum Spain participan 25 universidades y centros de investigación e infraestructuras de 14 comunidades autónomas que colaboran para crear un ecosistema español de computación cuántica. El proyecto está liderado por la doctora en computación cuántica Alba Cervera-Lierta.

Jaime Zamora, *AI Engineering Technical Lead / Quantum Algorithms* en CaixaBank explica que han realizado algunos proyectos de interés entre los que se encuentran: 1) Clasificador documental. A través de la plataforma de inteligencia artificial Marvin, que realiza tareas cognitivas automatizadas para la tramitación de hipotecas y préstamos de clientes bancarios, se implementa dentro del componente clasificador documental, encargado de clasificar

² El Proyecto CUCO es el primer gran proyecto español de algoritmos cuánticos. Más información en: <https://www.cuco.tech>



3 Disponible en: <https://www.youtube.com/channel/UCedVPGH5fWbmsR4oHVOX6w>

4 En los siguientes enlaces se muestran algunas de sus aplicaciones: cambio climático: QCentroid (<https://qcentroid.substack.com/p/quantum-against-climate-change?s=w>) y sostenibilidad (<https://qcentroid.substack.com/p/quantum-for-sdgs?s=w>).

5 Se pueden conocer un poco más en detalle los logros de Quside en el siguiente enlace: <https://quside.com/quside-announces-qn100-quantum-entropy-source-for-cybersecurity-computation>

las tipologías y subtipologías de los documentos que se tramitan, un circuito variacional cuántico que da soporte al resto de algoritmos del componente para realizar dicha tarea, lo que permite reducir la tasa de error por clasificación en la plataforma en producción. 2) Detección de firma en documentos con un modelo comprimido cuánticamente inspirado: PoC con resultado de éxito de la mano de Inspiration-Q, una *spin-off* del CSIC especializada en algoritmos cuánticamente inspirados, en la que se consigue comprimir una red neuronal convolucional (CNN) de un modelo existente en la casa empleado para la tarea de detección de firma en documentos. Se logra pasar de un modelo de tamaño 450 MB a otro de 37 MB, lo que significa un 92 por ciento de compresión, sin pérdida de precisión en la tarea de detección de firma en documentos. 3) *Quantum Inspired Feature Selection*: PoC con resultado de éxito de la mano de Inspiration-Q, en la que se obtiene una mejor selección de variables para problemas de *Machine Learning* usando técnicas cuánticamente inspiradas que las técnicas clásicas comúnmente utilizadas.

El canal de YouTube Ket.G³, centrado en la divulgación y formación en computación cuántica es iniciativa de Guillermo Alonso Alonso. El proyecto comenzó hace dos años y en sus más de ochenta vídeos encontramos desde la explicación de algoritmos fundamentales hasta la aplicación de estos computadores en el mundo real. Este canal, en español, ayuda enormemente a la comprensión de la computación cuántica en el mundo de habla hispana.

En QCentroid, están colaborando y avanzando en el uso de tecnologías cuánticas junto con Web3 para acelerar la transformación sostenible, con presencia nacional e internacio-

nal⁴. Estas cubren gran cantidad de sectores e industrias, con un fuerte compromiso por la sostenibilidad. QCentroid, con Carlos Kuchkovsky (cofundador y CEO de QCentroid) al frente, está fomentando un ecosistema en el que la transformación sostenible y la innovación de calidad son pilares fundamentales.

Otra interesante empresa es Quside, cuyo CEO y cofundador es Carlos Abellán. En esta empresa diseñan y comercializan tecnologías cuánticas para una conectividad segura y una computación avanzada. Los generadores de números aleatorios cuánticos de Quside⁵, medibles y de alto rendimiento, se utilizan hoy en día en aplicaciones de alta seguridad y cálculo aleatorio en una amplia gama de mercados, como las finanzas, los seguros, la nube o la logística.

“Inspiration-Q es una *fintech* de computación cuánticamente inspirada que construye soluciones a los retos más complejos en el sector financiero, utilizando algoritmos que funcionan tanto en ordenadores convencionales como en los futuros computadores cuánticos. Como *spin-off* del CSIC, su base tecnológica se apoya en 20 años de experiencia investigadora, ofreciendo ventajas competitivas en optimización, *Machine Learning* y simulación. De este modo, Inspiration-Q ayuda a empresas y organizaciones a acortar los plazos de adopción de la computación cuántica, al mismo tiempo que ofrece valor de negocio real en el ahora”, según explica Samuel Fernández Lorenzo (cofundador y CEO de Inspiration-Q).

La criptografía cuántica avanza de la mano del proyecto MADRID-Q, de la Universidad Politécnica de Madrid. José Luis Rosales, coordinador de emprendimiento y formación en MADRID-Q, lo explica: “La Distri-

Los avances más importantes para la salud se esperan en el estudio de las medicinas personalizadas

bución de Clave Cuántica (*Quantum Key Distribution, QKD*) es en la actualidad el primer protocolo de información cuántica completamente disponible para aplicaciones comerciales. Este es el protocolo BB84 en el que la red de Madrid está funcionando. La red de Madrid ha logrado transmitir señales cuánticas por la misma fibra física por donde se retransmiten las señales clásicas de control de red. Este avance único en el mundo ha sido posible mediante la programación de una red cuántica definida mediante *software* (quantum SDN Network), un esfuerzo conjunto de la UPM y Telefónica I+D.

Mediante la creación de esta infraestructura se está empezando a cimentar el futuro de las transmisiones cuánticas, y se hace viable su disponibilidad para sistemas vitales de nuestra sociedad, tales como banca, defensa, seguros, aplicaciones telemáticas de salud, etcétera. El diseño de una red cuántica, compartida mediante *software* con las señales clásicas, permite una transición suave y evita migrar simultáneamente todos los sistemas criptográficos existentes anteriores a esta revolución cuántica que experimentamos, favoreciendo el camino del Internet cuántico y se hace viable, en un futuro no muy lejano, la comunicación entre ordenadores cuánticos”.

Otra empresa a destacar es LuxQuanta, *spin-off* del ICFO, dedicada a fabricar módulos de QKD para mejorar la seguridad de las telecomunicaciones. Está liderada por el Dr. Valerio Pruneri, con fuerte presencia en la iniciativa EuroQCI.

Investigación aplicada

En Kyndryl estamos realizando investigación aplicada en casos de uso reales que ayudan a modernizar y consolidar la tecnología de nuestros clientes, con reflejo en casi todos los sectores e industrias. Tenemos acceso a las diferentes tecnologías de HW y SW cuánticas. Ofrecemos servicios Quantum que cubren las diferentes etapas del proceso: consultoría estratégica, análisis, diseño y planificación y ejecución e implantación.

Estamos diseñando y modelizando casos de uso relacionados con los sectores de finanzas, agricultura y medio ambiente, comercio minorista y logística. Recientemente, hemos realizado un piloto de varias aplicaciones basadas en la tecnología Annealing para la optimización de la tasa interna de retorno (TIR) en una cartera de inversión compuesta por bonos del Estado y el cálculo de una cobertura dinámica con la compra/ven-

ta de futuros y opciones, con resultados óptimos de tiempos de ejecución.

Todos estos proyectos e iniciativas españolas demuestran que existe negocio, capacidad, interés, respaldo económico, amplio y variado conocimiento y una gran colaboración entre los centros de investigación, las universidades y los centros de formación, las empresas y el Gobierno.

Los límites actuales de la computación cuántica se están reduciendo progresivamente, y el trabajo realizado para explorar y experimentar la tecnología cuántica permitirá aprovechar las óptimas condiciones en un futuro no muy lejano.

Sin duda, unos escenarios de presente y futuro muy interesantes.

Bibliografía

Ruane, J. (2022): The business case for Quantum Computing. MIT. Disponible en: <https://ide.mit.edu/insights/the-business-case-for-quantum-computing/>

Ruane, J.; McAfee, A. y Oliver, W. D. (2022): “Quantum Computers for business leaders”, en *Harvard Business Review*. Disponible en: <https://hbr.org/2022/01/quantum-computing-for-business-leaders>

Yndurain, E.; Woerner, S. y Egger, D. J. (2019): “Quantum Computing. Use cases for financial services”. IBM. Disponible en: <https://www.ibm.com/downloads/cas/2YPRZPB3>

