

COMPUTACIÓN CUÁNTICA



INFORME SITUACIÓN DE ESTADO
DE LA TECNOLOGÍA 2023



Plataforma Tecnológica Española
de Tecnologías Disruptivas

Ayuda PTR2022-001305 financiada por:



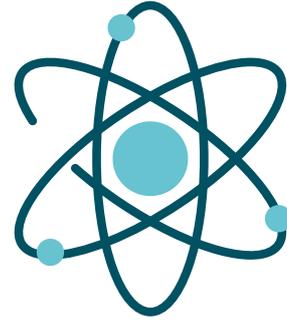
Secretaría técnica a cargo de:



INDICE

03	Introducción
05	Aplicaciones actuales
08	Ecosistema
12	Retos y oportunidades
15	Casos de uso
17	Enlaces de interés

INTRODUCCIÓN

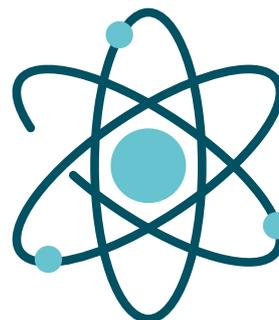


A medida que el 2023 se despliega, España se consolida como un **jugador clave** en la arena global de la computación cuántica. Después de la anticipada integración del ordenador cuántico EuroHPC en el Barcelona Supercomputing Center, enlazado al icónico superordenador MareNostrum 5, el país ha dado pasos agigantados hacia la creación de un **ecosistema cuántico robusto y competitivo**. La iniciativa Quantum Spain, impulsada por el Gobierno, ha desempeñado un papel fundamental en este avance, con una inversión significativa de hasta 60 millones de euros distribuidos en tres años, marcando el 2023 como un año crucial para consolidar el liderazgo de España en el dominio cuántico.

El impulso no se detiene en la **infraestructura hardware**; el Congreso Internacional QUANTUM Matter, celebrado en Madrid en junio de 2023, reunió a más de 400 participantes de todo el mundo, incluyendo a ponentes de renombre, investigadores, ingenieros y estudiantes. Este evento ha destacado el progreso notable en áreas críticas como el desarrollo e integración de qubits, la transferencia de información cuántica a larga distancia y los avances en software cuántico.

Este informe pretende ser una foto del momento actual en el que se encuentra dicha tecnología en España y que sirva para poder comparar la situación en un futuro próximo.

INTRODUCCIÓN

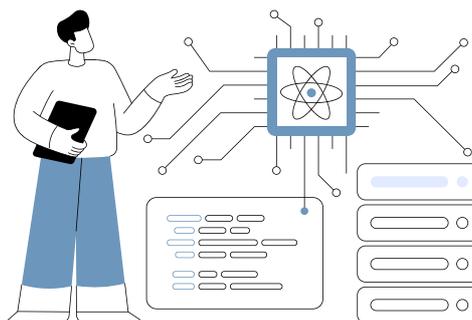


Este rápido **progreso en el terreno cuántico** llega en un momento crucial. Con la aprobación en julio de 2022 por parte del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST) de Estados Unidos de las primeras herramientas de cifrado resistentes a la computación cuántica, se abre una nueva era de seguridad digital. España, al estar a la vanguardia de estos desarrollos, se encuentra en una posición privilegiada para no solo adoptar, sino también contribuir significativamente a la definición de los estándares y prácticas que guiarán la transición hacia una era cuántica segura.

El país se ha convertido en un punto de encuentro para la innovación, el intercambio de conocimientos y la colaboración en computación cuántica, y el 2023 se perfila como un **año de consolidación y avance** hacia el establecimiento de España como una potencia en este nuevo y emocionante ámbito.

Este informe pretende ser una foto del momento actual en el que se encuentra dicha tecnología en España y que sirva para poder comparar la situación en un futuro próximo.

APLICACIONES ACTUALES



España ha experimentado un rápido crecimiento en la adopción y desarrollo de aplicaciones cuánticas, gracias a los esfuerzos sostenidos tanto del sector público como privado. A continuación, se describen algunas de las aplicaciones más destacadas de la computación cuántica en el país durante el año 2023.

1. Optimización y logística:

Empresas líderes en sectores como telecomunicaciones y transporte están implementando algoritmos cuánticos para optimizar rutas, gestionar el tráfico de red y mejorar la eficiencia logística. Estas aplicaciones se traducen en ahorros significativos de tiempo y recursos, contribuyendo a una operación más sostenible y eficiente.

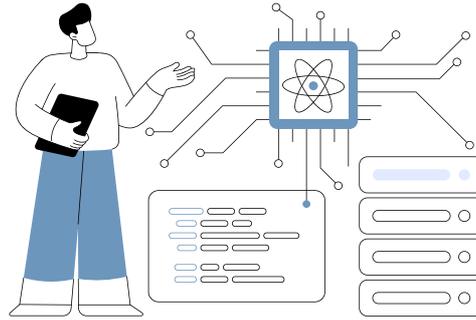
2. Investigación farmacéutica y biomédica:

Centros de investigación y empresas farmacéuticas en España están utilizando la computación cuántica para acelerar el descubrimiento de nuevos fármacos y analizar complejas interacciones biomoleculares. Este enfoque ha permitido reducir los tiempos de desarrollo y aumentar la precisión en la identificación de compuestos potencialmente terapéuticos.

3. Seguridad y cifrado:

Con la reciente aprobación de herramientas de cifrado resistentes a la computación cuántica por parte del NIST, diversas instituciones financieras y empresas de tecnología en España han comenzado a implementar estas soluciones para proteger la transmisión y almacenamiento de datos sensibles, preparándose así para la era post-cuántica.

APLICACIONES ACTUALES



4. Simulaciones y modelado de materiales:

La capacidad de los ordenadores cuánticos para simular el comportamiento de los materiales a nivel cuántico ha encontrado aplicaciones en la industria química y de materiales. Investigadores españoles están liderando proyectos para modelar materiales avanzados y procesos químicos, contribuyendo al desarrollo de nuevas tecnologías y materiales con propiedades mejoradas.

5. Inteligencia Artificial y Machine Learning:

La computación cuántica está potenciando el desarrollo de modelos de inteligencia artificial y machine learning más avanzados y eficientes. En España, esto se traduce en mejoras en áreas como el procesamiento del lenguaje natural, la visión por computadora y la predicción de patrones, con aplicaciones que van desde la atención al cliente hasta la detección de fraudes.

6. Servicios financieros:

Bancos y entidades financieras están explorando el uso de algoritmos cuánticos para la optimización de carteras, la gestión de riesgos y la simulación de escenarios económicos. Estas aplicaciones buscan mejorar la toma de decisiones y aumentar la competitividad en un sector altamente dinámico.

Conclusión:

Las aplicaciones actuales de la computación cuántica en España reflejan un ecosistema en pleno crecimiento y diversificación. El país está aprovechando sus fortalezas en investigación, innovación y colaboración para posicionarse como un líder en la implementación práctica de tecnologías cuánticas, abriendo nuevas oportunidades y desafiando los límites de lo posible.

ECOSISTEMA



El ecosistema de la computación cuántica en España ha experimentado un crecimiento exponencial y una maduración significativa en 2023, consolidándose como un pilar fundamental en el avance tecnológico del país. Este ecosistema está compuesto por una variedad de actores, incluyendo instituciones académicas, empresas, y entidades gubernamentales, que han trabajado de manera colaborativa para impulsar la investigación, el desarrollo y la aplicación de las tecnologías cuánticas.

INSTITUCIONES ACADÉMICAS Y CENTROS DE INVESTIGACIÓN

1. CESGA (Centro de Supercomputación de Galicia):

Con la instalación del primer simulador cuántico en España, el CESGA ha continuado siendo un referente en la investigación y el desarrollo de tecnologías cuánticas, proporcionando recursos y conocimientos especializados.

2. Barcelona Supercomputing Center (BSC):

El BSC ha jugado un papel crucial en el ecosistema cuántico español, especialmente con la integración del futuro ordenador cuántico EuroHPC en el superordenador MareNostrum 5, un proyecto que se espera haya culminado con éxito para 2023.

EMPRESAS TECNOLÓGICAS Y STARTUPS

1. IBM, Google y Microsoft Quantum:

Estas gigantes tecnológicas han sido actores clave en el ecosistema cuántico español, ofreciendo su experiencia, recursos y tecnologías avanzadas. Han proporcionado información valiosa sobre las capacidades actuales y las perspectivas futuras de la computación cuántica durante eventos clave como el Congreso Internacional y Expo QUANTUM Matter.

ECOSISTEMA



2. Empresas Derivadas (Startups):

Una serie de startups especializadas en hardware cuántico han emergido en España, contribuyendo al desarrollo y la comercialización de tecnologías cuánticas. Estas empresas han tenido la oportunidad de exhibir sus innovaciones y establecer conexiones valiosas en foros industriales y eventos especializados.

GOBIERNO Y ENTIDADES PÚBLICAS

1. Quantum Spain:

Esta iniciativa del Gobierno español ha sido un catalizador para el desarrollo de la computación cuántica en el país, con una inversión de hasta 60 millones de euros destinados a la creación del primer ecosistema de computación cuántica en el sur de Europa.

Startups y Empresas Innovadoras en Computación y Tecnologías Cuánticas:

STARTUPS Y EMPRESAS INNOVADORAS EN COMPUTACIÓN Y TECNOLOGÍAS CUÁNTICAS

1. Qilimanjaro Quantum Tech:

Con sede en Barcelona, Qilimanjaro se ha destacado como una de las startups más prometedoras en el campo de la computación cuántica en España. Su enfoque está en el desarrollo de tecnologías de computación cuántica accesibles, con el objetivo de acercar estas soluciones avanzadas a las empresas y la industria. Proporcionan servicios de computación cuántica en la nube, herramientas de desarrollo y consultoría especializada.

2. Entanglement Partners:

Esta firma consultora, ubicada en Madrid, se ha especializado en estrategia y transformación digital basada en tecnologías cuánticas.

ECOSISTEMA



Trabajan estrechamente con empresas e instituciones para ayudarles a entender y adoptar las tecnologías cuánticas, asegurando que estén preparados para los cambios disruptivos que estas tecnologías traerán.

3. Quantonation:

Con operaciones en España, Quantonation es un fondo de inversión especializado en startups de tecnología cuántica y deep tech. Su objetivo es acelerar el desarrollo de las tecnologías cuánticas invirtiendo en empresas emergentes que están trabajando en la frontera de la innovación.

4. Multiverse Computing:

Con sede en San Sebastián, concretamente en el Parque Científico y Tecnológico de Gipuzkoa, Multiverse Computing ha estado en la vanguardia del desarrollo de soluciones financieras basadas en computación cuántica. Utilizan algoritmos cuánticos para mejorar la eficiencia en la toma de decisiones, optimización de carteras, evaluación de riesgos, y otros procesos financieros críticos.

5. aQuantum:

Esta empresa trabaja en el desarrollo de soluciones y herramientas para la programación cuántica y la transición de las empresas hacia la computación cuántica. Su misión es facilitar la adopción de tecnologías cuánticas en diversos sectores industriales.

6. LuxQuanta:

Spinoff del Instituto de Ciencias Fotónicas, una de las cuatro empresas del mundo que fabrica claves cuánticas de variable continua con componentes maduros, que se integran de manera sencilla en las redes ópticas convencionales. Criptografía cuántica realizada en España, concretamente en el Parc de la Universidad Politècnica de Catalunya.

ECOSISTEMA



7. Inspiration-Q:

Ofrece soluciones avanzadas en optimización y aprendizaje automático, combinando técnicas de computación clásica y cuántica. Sus servicios, dirigidos a la diversificación de inversiones, optimización de rutas y selección de carteras, están diseñados para preparar a las empresas para la era cuántica, proporcionando beneficios prácticos y tangibles en el presente.

La distribución de señales cuánticas, combinada con el procesamiento de datos de alta velocidad, permite que esta tecnología detecte a un intruso que intenta espiar el enlace de comunicación. Esto hace que la clave compartida sea ultrasegura y resistente contra el ataque de una computadora cuántica.

Las startups y empresas mencionadas anteriormente están jugando un papel crucial en la consolidación y expansión del ecosistema de computación cuántica en España. Estas organizaciones no solo están contribuyendo a la investigación y el desarrollo en este campo, sino que también están facilitando la adopción de tecnologías cuánticas en diversos sectores industriales y empresariales.

Cada una de ellas aporta una dimensión única al ecosistema, desde consultoría estratégica, desarrollo de software y hardware, hasta inversiones y financiación, creando un entorno diverso y rico en oportunidades para el avance de la computación cuántica en España. Su presencia y actividades son fundamentales para mantener a España a la vanguardia de la innovación cuántica a nivel global.

ECOSISTEMA



FOROS Y EVENTOS

1. QUANTUMatter2023:

Este evento se ha convertido en un pilar para el ecosistema cuántico español, reuniendo a más de 400 participantes de todo el mundo, incluyendo investigadores, ingenieros, estudiantes y líderes de la industria. Ha proporcionado una plataforma invaluable para el intercambio de conocimientos, ideas y las últimas innovaciones en el campo.

El ecosistema de computación cuántica en España ha logrado un progreso significativo en 2023, con una sinergia evidente entre los diferentes actores involucrados. Las instituciones académicas y de investigación han fortalecido sus capacidades, las empresas tecnológicas y startups han impulsado la innovación y el desarrollo, y las entidades gubernamentales han proporcionado el apoyo financiero y estratégico necesario. Todo ello ha posicionado a España en un lugar destacado en la carrera global hacia la computación cuántica, sentando las bases para futuros avances y aplicaciones en este emocionante campo.

RETOS Y OPORTUNIDADES



La computación cuántica en España, a pesar de sus avances significativos, enfrenta una serie de desafíos que deben ser superados para asegurar su desarrollo sostenible y su integración exitosa en diversos sectores. Al mismo tiempo, estas dificultades presentan oportunidades únicas para impulsar la innovación y consolidar el liderazgo del país en esta tecnología emergente.

RETOS

1. Formación y talento:

Existe una escasez de profesionales cualificados en computación cuántica, lo que podría limitar la capacidad de España para competir a nivel global. Oportunidad: Desarrollar programas de formación y educación especializada para crear una fuerza laboral altamente competente en computación cuántica.

2. Inversión y financiamiento:

Asegurar la financiación continua y la inversión en investigación y desarrollo cuántico es crucial para mantener el impulso. Oportunidad: Fomentar la colaboración entre el sector público y privado para generar un flujo constante de recursos financieros hacia proyectos cuánticos innovadores.

3. Desarrollo tecnológico:

Aunque España ha avanzado en el desarrollo de tecnologías cuánticas, aún existe la necesidad de mejorar la estabilidad y la escalabilidad de los qubits cuánticos. Oportunidad: Invertir en I+D para superar las limitaciones técnicas actuales y desarrollar soluciones cuánticas más robustas y eficientes.

RETOS Y OPORTUNIDADES



4. Colaboración y ecosistema:

Construir un ecosistema cuántico fuerte y colaborativo que facilite la transferencia de conocimiento y tecnología entre la academia, la industria y el gobierno. Oportunidad: Fomentar la creación de redes y plataformas de colaboración para impulsar la innovación y acelerar la adopción de tecnologías cuánticas.

5. Seguridad y estándares:

La llegada de la computación cuántica plantea riesgos significativos para la seguridad de los sistemas de información actuales. Oportunidad: Liderar en el desarrollo e implementación de estándares de seguridad cuántica resistentes para proteger la infraestructura digital del país.

OPORTUNIDADES

1. Liderazgo tecnológico:

Posicionar a España como un líder en computación cuántica, atrayendo inversiones, talento y creando oportunidades de negocio.

2. Innovación en sectores clave:

Aplicar la computación cuántica en sectores estratégicos como salud, energía, logística y finanzas, impulsando la innovación y generando ventajas competitivas.

3. Desarrollo sostenible:

Utilizar la computación cuántica para abordar desafíos de sostenibilidad, como la optimización de recursos, la reducción de emisiones y el desarrollo de materiales más eficientes.

RETOS Y OPORTUNIDADES



5. Educación y concienciación:

Promover la educación en computación cuántica y aumentar la conciencia sobre sus beneficios y aplicaciones potenciales en la sociedad.

Los retos presentes en el ámbito de la computación cuántica en España son numerosos y complejos, pero también ofrecen la oportunidad de impulsar la innovación, fortalecer la competitividad y generar un impacto positivo en la sociedad. Superar estos obstáculos requerirá una estrategia coordinada, inversiones sostenidas y la participación activa de todos los sectores involucrados.

CASOS DE USO

A continuación os mostramos algunos de los ejemplos de casos de uso que DISRUPTIVE ha ido recopilando durante los últimos meses y que puedes consultar con más detalle pinchando [aquí](#)



Hacia la simulación cuántica del grafeno - TECNALIA

La computación cuántica representa una tecnología emergente con aplicaciones interesantes, que están llamadas a revolucionar el modo en el que se aplica la digitalización en numerosos ámbitos. Entre estas aplicaciones, la simulación cuántica ofrece un marco natural para estudiar sistemas cuánticos, es decir, utilizar estructuras cuánticas para replicar el comportamiento de otros sistemas cuánticos que por su complejidad pueden resultar inabordables desde sistemas clásicos. En problemas donde la dimensión crece exponencialmente, la obtención de valores propios se vuelve extremadamente ineficiente para las computadoras clásicas. En este proyecto investigamos la simulación de un Hubbard Hamiltoniano de unión estrecha que modela una red en forma de panal. Nuestro objetivo es encontrar el estado fundamental de este hamiltoniano mediante evolución adiabática [1] y aplicando un eigensolver cuántico variacional. Aunque el hardware cuántico disponible en la actualidad tiene serias limitaciones, estas técnicas pueden utilizarse en primera instancia, para modelizar una celda individual de grafeno, como paso previo a la simulación de estructuras planares más extensas (celdas múltiples de grafeno) o incluso estructuras tridimensionales cuando el hardware de computación cuántica evolucione.

CASOS DE USO

A continuación os mostramos algunos de los ejemplos de casos de uso que DISRUPTIVE ha ido recopilando durante los últimos meses y que puedes consultar con más detalle pinchando [aquí](#)



Enfoque híbrido para resolver problemas de embalaje de contenedores del mundo real utilizando annealers cuánticos (D-Wave) - TECNALIA

Q4Real es un proyecto innovador que utiliza un enfoque híbrido cuántico-clásico para abordar el problema del embalaje de contenedores tridimensional (3 dBPP), una tarea crucial en la industria y la logística. Este marco considera aspectos realistas como dimensiones, restricciones de peso, afinidades entre artículos y preferencias de pedido. A pesar de los desafíos asociados a la complejidad del problema y las limitaciones de los ordenadores cuánticos actuales, Q4RealBPP utiliza el solucionador híbrido de D-Wave para ofrecer soluciones prácticas y eficientes en el sector industrial y logístico.

ENLACES DE INTERES

Aquí os remitimos a enlaces de noticias, webs, documentos normativos o informes de interés, así como a bibliografía sobre esta tecnología.

[La próxima revolución: proyectos y startups de computación cuántica que llevan la informática al siguiente nivel](#)

[La computación cuántica, un nuevo hito que sacudirá el curso de la historia humana](#)

[A la computación cuántica le sale competencia](#)

[¿Cuál es el siguiente paso después de la computación cuántica?](#)

[IBM ha puesto fecha a su ordenador cuántico de 100.000 cúbits: cambiará todo en computación cuántica](#)

[La UE avanza en la computación cuántica: el nuevo campo de batalla de las potencias mundiales](#)

[Así es el mapa mundial de la computación cuántica](#)

[Computación cuántica, la próxima revolución tecnológica](#)

[Ordenadores cuánticos: no solo IBM y Google, estas son las startups que les están dando guerra](#)

[Una empresa acaba de presentar la bestia, el primer ordenador cuántico de 1000 qubits](#)

[Visitamos el primer ordenador cuántico de España: aquí ha empezado la carrera para tener nuestros propios 30 qubits en 2025](#)

[Del ChatGPT a la era cuántica](#)

ENLACES DE INTERÉS

Aquí os remitimos a enlaces de noticias, webs, documentos normativos o informes de interés, así como a bibliografía sobre esta tecnología.

[De Novo Nordisk a Roche: los laboratorios prueban la computación cuántica para hallar nuevos fármacos o curar tumores](#)

[Computación cuántica: foco de inversión a tener en radar](#)

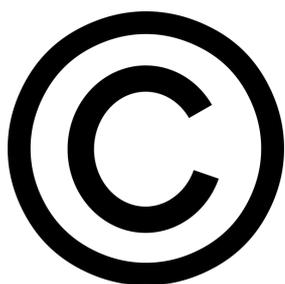
[La computación cuántica amenaza dejar obsoletos los sistemas de cifrado actuales; Google trabaja para evitarlo](#)

[Quantum Spain tiene un plan para que España no se quede atrás en computación cuántica, así quieren conseguirlo](#)

[Una investigación avanza hacia la supremacía cuántica con resultados imposibles en la computación clásica](#)

[Noticias destacadas del Congreso Internacional y Expo Quantum Matter 2023](#)

[Los vencedores de DI Innovation Awards: un récord en innovación cuántica](#)



Informe realizado por la **Asociación de Parques Científicos y Tecnológicos de España (APTE)**, entidad que gestiona la secretaría técnica de la **Plataforma Tecnológica Española de Tecnologías Disruptivas (DISRUPTIVE)** con la colaboración de su **grupo de trabajo de Computación Cuántica** durante el último trimestre de 2023.



Plataforma Tecnológica Española
de Tecnologías Disruptivas

Ayuda PTR2022-001305 financiada por:



Secretaría técnica a cargo de:

