



INFORME  
**LA ESPAÑA CUÁNTICA**

AMETIC 2022

## Créditos y agradecimientos

### Dirección y coordinación del informe

Alfonso Rubio-Manzanares- Entanglement Partners  
Belén Piorno- AMETIC

### Autores

Alberto García- Accenture  
Víctor Gaspar- GMV  
Javier Jordán- i2CAT  
Aitor Moreno- Ibermática  
Guillermo Gil- Tecnalia

José A. Camacho- Atos  
Enrique Lizaso- Multiverse Computing

Xavier Gómez- FI Group  
Raquel Maeztu- Zabala

### Agradecimientos:

AMETIC quiere agradecer el apoyo para la realización de este informe del conjunto de empresas del Grupo de Trabajo de Información, Computación y Ciberseguridad Cuánticas y de la Comisión de Innovación de AMETIC; al Presidente y Vicepresidente de AMETIC, Pedro Mier y Luis Fernando Álvarez-Gascón y al Director General, Francisco Hortigüela.

AMETIC quiere agradecer también el esfuerzo y dedicación a todos los entrevistados para este artículo (en orden alfabético):

- Antonio Abad- Hispasat
- Jorge Antonio Bes- Airbus
- Ricardo Enriquez- Repsol
- Alejandro Expósito- Merck
- Jaime Gómez- Banco Santander
- Óscar Pallarols- Cellnex
- Juan Antonio Relaño- Bosch
- Miguel Rodríguez- Iberdrola
- Escolástico Sánchez- BBVA
- Jaume Sanpera- Sateliot
- Koldo Urabain- Mercedes Benz

Si quieres unirse al Grupo de Trabajo de Información, Computación y Ciberseguridad Cuánticas de AMETIC o ampliar información, escríbenos a: [innovacion@ametic.es](mailto:innovacion@ametic.es)



Este informe se publica bajo licencia:

[Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Las imágenes utilizadas -excepto logotipos y fotografías personales- han sido tomadas de Pixabay bajo licencias de uso gratuitas

## Editorial



**Pedro Mier Albert**  
Presidente de AMETIC

Uno de los principales objetivos de AMETIC desde su fundación ha sido estar atenta a las nuevas tecnologías disruptivas, en beneficio de sus empresas asociadas y del conjunto de la industria española del sector.

Las tecnologías cuánticas están llamadas a jugar un papel disruptivo en los próximos años por el impacto que tendrán en muchas áreas y de forma muy notable en la capacidad de cálculo masivo y en las comunicaciones con encriptación segura, campos en los que según todas las previsiones marcarán una nueva época.

Para facilitar el acceso a la información y colaborar a la creación y consolidación de un ecosistema empresarial español de tecnologías cuánticas, en 2017 AMETIC constituyó un Grupo de Trabajo sobre Tecnologías Cuánticas, uno de cuyos resultados fue la publicación en abril 2019 del documento *“La España cuántica: Una aproximación empresarial”*, el primero que se publicó en España. Pasados tres años, ahora presentamos el documento actualizado que tienes en tus manos (o en tu pantalla).

Esperamos que este documento contribuya a la mejor comprensión de qué son las tecnologías cuánticas y cómo impactarán en los diferentes

sectores empresariales, así como al conocimiento de los principales actores y proyectos cuánticos en nuestro país, la estrategia europea y las oportunidades para activar el ecosistema cuántico español y al descubrimiento de que España dispone de profesionales de gran talento y de instituciones científicas, ambos de primer nivel internacional.

A la importante actividad del Grupo de Trabajo de Tecnologías Cuánticas de AMETIC tenemos que sumar la renovación de AMETIC como miembros del Consejo Asesor Estratégico del Quantum Technology Flagship, principal instrumento impulsado por la Comisión Europea, al igual que ser miembros del consorcio industrial European Quantum Industry Consortium (QuIC) donde además somos el capítulo nacional, o pertenecer al grupo de trabajo de normalización de UNE en Tecnologías Cuánticas.

En AMETIC estamos convencidos de que si somos capaces de aunar esfuerzos y alinear comunidad científica y universitaria, centros tecnológicos, Administraciones Públicas y sector empresarial, España puede jugar un papel relevante en el futuro de este estratégico y prometedor sector y a conseguirlo dedicaremos nuestros mejores esfuerzos.

Desde AMETIC animamos al sector empresarial a sumarse al movimiento para lograr que nuestro país aproveche la oportunidad y llegue a ser un *“país cuántico”*.

Confiamos en que el informe os resulte interesante y útil.

septiembre 2022

## Sobre este documento



**Alfonso  
Rubio-Manzanares**

VP de la Comisión de  
Innovación de AMETIC  
y Coordinador General  
de su Grupo de  
**Tecnologías  
Cuánticas**

Es un placer presentar la actualización y reedición del primer informe de AMETIC sobre “La España Cuántica; una visión empresarial” que publicamos hace tres años.

Estamos “inmersos” en la tercera revolución cuántica. La revolución de las telecomunicaciones, ciberseguridad y computadores cuánticos con un inmenso impacto en las empresas y la sociedad.

Vivimos un momento crucial y apasionante de esta “historia cuántica” que es el “sueño cumplido” de los físicos, una verdadera “pesadilla” para los ingenieros y una gran “oportunidad” para las empresas.

### ¿Qué ha pasado en estos tres años en España?

Seguimos siendo uno de los líderes mundiales en “talento cuántico” con profesionales como Darío Gil, Sergio Boixo, María Marced o Ignacio Cirac. Se han multiplicado las empresas de oferta tanto multinacionales, pymes como nuevas startups y lo más importante, nuevas empresas de demanda han iniciado proyectos “cuánticos” muy relevantes en España y en el ámbito internacional.

Así mismo, las AAPP han impulsado proyectos específicos e incrementado su financiación.

El Grupo de Trabajo Tecnologías Cuánticas de AMETIC se ha consolidado como el hub empresarial de referencia en España y Europa. En estos momentos contamos con más de cincuenta empresas asociadas tanto de oferta como demanda.

Crecimiento, internacionalización y liderazgo.

Queríamos un documento “útil” y que permitiese a las empresas conocer el estado actual de las tecnologías cuánticas, pero, lo más importante, ofrecer información y herramientas para que empezasen a incorporarlas a sus procesos de negocio.

El documento tiene como objetivos:

- Informar sobre el estado actual y los avances en las diferentes áreas de las tecnologías cuánticas.
- Ofrecer información sobre empresas, organizaciones, proyectos y financiación.
- Efectuar recomendaciones para que las empresas de oferta y demanda se incorporen y se pueda consolidar este mercado incipiente en España.
- Escuchar a las empresas que deberán hacer negocio con estas tecnologías. Por esto, le hemos pedido a once profesionales de diferentes verticales de actividad y especialistas en estas tecnologías que nos expliquen cuál es su visión y sus expectativas.
- Establecer las bases desde una perspectiva empresarial de la “Estrategia Nacional sobre tecnologías cuánticas - ENTC”.
- Iniciarnos en los principios de la “ética cuántica”.
- Hemos incluido un extenso apartado en forma de ANEXO sobre financiación de proyectos.

Desde el **Grupo de Trabajo de Tecnologías Cuánticas de AMETIC** seguimos trabajando en la redacción de dos nuevos documentos: Una recopilación de *“Casos de uso y de éxito”* y un documento que profundice sobre ética y responsabilidad corporativa.

Quiero agradecer especialmente la implicación y excelencia de los autores y a los once magníficos profesionales de empresas que han participado en las entrevistas. Por supuesto, a todo el equipo de AMETIC representado por su presidente.

Sirva este documento, para despertar el interés de las empresas por estas tecnologías - verdaderamente disruptivas - que ya impactan de forma substancial en sus procesos de negocio y en todos los ámbitos de la actividad económica.

Desde el Grupo *“cuántico”* de AMETIC estamos convencidos que la pregunta no es *“cuándo”*, sino *“quién”* y si España será uno de ellos...porque si no somos uno de ellos, qué importa cuándo.

No olvidemos que *“el mundo es cuántico”*.

## Índice

Créditos y agradecimientos	2	Inclusión tecnológica	45
Editorial	3	El gobierno ambiental, social y corporativo (ESG)	46
Sobre este documento	4	Ética y cuántica: acciones clave	46
Índice	6	Estudio constante de los riesgos y consecuencias	46
Tecnologías Cuánticas	8	Divulgación y educación	46
¿Qué entendemos por Tecnologías Cuánticas?	8	Implementación de los principios ESG	47
Sensores y metrología	8	Marcos jurídicos y normativas	47
Comunicaciones	8	¿Qué puede hacer mi empresa? ¿Qué papel puede jugar AMETIC?	49
Computación y simulación	8	Cinco recomendaciones para la industria	49
¿Existe un riesgo real de 'invierno cuántico'?	9	Vías de financiación de las tecnologías cuánticas	50
España cuántica	12	Oportunidades nacionales	50
Empresas (por tamaño y orden alfabético)	12	Oportunidades internacionales	50
Centros tecnológicos y de I+D	16	El papel de AMETIC	51
Asociaciones y ecosistemas regionales	17	Bases para una estrategia española en tecnologías cuánticas	53
Proyectos e iniciativas nacionales y regionales con financiación pública	19	Condiciones favorecedoras	54
Entrevistas	22	Visibilidad del ecosistema español en el escenario global	55
Antonio Abad	23	Articulación entre los agentes	55
Jorge Antonio Bes	25	Sensibilización, creación y movilización de la demanda	56
Dr. Ricardo Enríquez	26	Aceleración del sector empresarial de oferta, el ecosistema español en cuántica	56
Alejandro Expósito	27	Implantación de proyectos tractores	57
Jaime Gómez	29	Entornos de experimentación y pilotaje	57
Óscar Pallarols	31	Soporte a investigación e innovación "deep" industrial	58
Juan Antonio Relañó	33	Retención, captación y desarrollo de talento	58
Miguel Rodríguez	35	Consolidación de redes abiertas y bien conectadas	59
Escolástico Sánchez	37	Anexo. Vías de financiación (detalle)	61
Jaume Sanpera	39	Oportunidades nacionales	61
Koldo Urabain	41	Proyectos de I+D de CDTI (PID)	61
Quantum Ethics	44	CDTI Misiones	62
Ética y cuántica: aspectos clave	45		
Riesgos imprevistos y consecuencias no deseadas	45		

NEOTEC de CDTI	63	Cluster Celtic-Next	82
Programa Tecnologías Aeronáuticas	64	Eurostars	83
FEDER Interconecta	65	CEF (Connecting Europe Facility) Digital	83
PERTE Aeroespacial	66	Fondo Europeo de Defensa	84
PERTE Chip	67	ERASMUS+	85
Quantum Spain	68	Asociaciones de cooperación en los ámbitos de educación, formación y juventud	85
Gipuzkoa Quantum	69	Asociaciones a pequeña escala en los ámbitos de educación, formación, y juventud	86
Planes Complementarios	69	Alianzas para la innovación	86
Red.es IA + THDs	70	Acciones Erasmus Mundus	87
Agrupaciones Empresariales Innovadoras- AEI	71		
Proyectos de I+D+i en líneas estratégicas 2022	72		
Proyectos en colaboración público-privada	72		
Oportunidades internacionales	73		
QuantERA y Quantum Flagship	73		
Programa Europa Digital	74		
Horizonte Europa	75		
Pilar 1 – Ciencia Excelente	75		
European Research Council (ERC)	75		
Marie Sklodowska-Curie Actions (MSCA)	76		
Pilar 2: Retos Globales y Competitividad Europea Industrial	77		
Clúster 4. Digitalización, Industria y Espacio	77		
Pilar 3: Europa Innovadora	79		
European Innovation Council (EIC)	79		
Partenariados europeos	81		
Key Digital Technologies Joint Undertaking (KDT JU)	81		
European High Performance Computing Joint Undertaking (EuroHPC JU)	82		
EUREKA	82		
EUREKA Network	82		

## Tecnologías Cuánticas

La física cuántica es una disciplina científica con mucho recorrido, iniciada por Max Planck en el siglo XX, al 'cuantizar' los estados de energía del fotón. Esta área de la ciencia ha ido desarrollándose y evolucionando a través de los años con científicos como Schrödinger, Heisenberg, Dirack, o Feynman, entre otros. Al mismo tiempo, un conjunto de tecnologías cuánticas se ha ido desarrollando, aprovechando este nuevo conocimiento. Pero ¿a qué nos referimos con tecnologías cuánticas? Cuando hablamos de tecnologías cuánticas, típicamente nos referimos a la sensorización y metrologías cuánticas; a las comunicaciones cuánticas, y a la computación y simulación cuántica.

### ¿Qué entendemos por Tecnologías Cuánticas?

#### Sensores y metrología

Los sensores son una de las primeras aplicaciones de las tecnologías cuánticas. Su implementación tecnológica tiene niveles de madurez elevados, con sensores ya en entornos productivos. Los sensores cuánticos tienen mayor sensibilidad y resolución a efectos externos que sus predecesores clásicos, por ejemplo, para la medición de corrientes eléctricas, magnetismo, gravedad o tiempo.

Cada tecnología implementa su mecanismo para realizar la medida, pero típicamente uno o más de los siguientes fenómenos cuánticos son utilizados: niveles cuantizados de energía, coherencia cuántica, entrelazamiento cuántico, super-radiancia, entre otros.

#### Comunicaciones

Las comunicaciones, y concretamente en el corto-medio plazo, su seguridad, van a ser revolucionadas por la llegada del intercambio cuántico de claves. Este tipo de mecanismo, en una de sus versiones más sencillas, usa las propiedades del fenómeno cuántico de la no-clonación y una serie de protocolos de comunicación clásicos, para intercambiar una clave de cifrado simétrica entre dos puntos. Este mecanismo llamado distribución de claves cuánticas (o QKD, de sus siglas en inglés) ofrece la garantía de que la clave intercambiada no ha sido observada por un posible atacante, y no es vulnerable frente a la capacidad de cómputo del adversario, o sus habilidades matemáticas (como sí lo es la criptografía clásica, incluyendo la criptografía post-cuántica). A más largo plazo, la posibilidad de la teleportación mediante cúbits entrelazados (base para los repetidores cuánticos), abre el camino para la interconexión de redes de dispositivos cuánticos a larga distancia y fundamentar la construcción y despliegue de la futura Internet Cuántica.

#### Computación y simulación

Se espera que las tecnologías de procesamiento cuántico sean las que tengan un mayor impacto, ya que la capacidad de procesamiento de esta tecnología crece exponencialmente con el número de qubits que somos capaces de controlar entrelazados entre sí. Aunque aún en su infancia, esta tecnología promete resolver problemas que actualmente no son tratables con la computación clásica. Entre otras aplicaciones, la computación cuántica sobresale por su capacidad para simular efectos cuánticos, como por ejemplo el comportamiento de átomos y partículas.

## ¿Existe un riesgo real de ‘invierno cuántico’?

Los avances en la física cuántica de los últimos años han traído consigo un desarrollo tecnológico que se está acelerando, logrando progresos en este campo que hace pocos años parecían imposibles.

Con motivo de este progreso, y del importante retorno económico que podría traer, tanto la inversión pública como la privada está siendo muy intensa. La Unión Europea ha hecho de las tecnologías cuánticas su bandera, en su Quantum Flagship a 10 años, con una inversión prevista de 1.000M€. Muchos países europeos disponen de su estrategia nacional en tecnologías cuánticas, y/o de programas nacionales para su financiación. Todas las grandes empresas tecnológicas están invirtiendo fuertemente en cuántica y empiezan a ofrecer servicios relacionados. Las *start-ups* en la materia han proliferado, algunas con acento local. También se han empezado a consolidar numerosos ecosistemas territoriales que buscan acelerar la aplicación de estas tecnologías mediante la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación. Como consecuencia, la cuántica resuena en los medios especializados y no especializados.

Esta situación actual de entusiasmo, o *hype*, presenta algunas analogías con lo que ha ocurrido previamente en otras tecnologías y, muy especialmente, por su proximidad, es el caso de la Inteligencia Artificial. **Cuando las expectativas de una tecnología se desajustan respecto a la realidad de lo que puede ofrecer, puesto que el desarrollo tecnológico sigue un determinado proceso, muy complejo en este caso, tras el periodo de entusiasmo puede suceder un periodo de enfriamiento**, esto es, una reducción de inversiones (con la consiguiente desbandada de talento), cambios de prioridades, descrédito del sector privado, parada del desarrollo tecnológico, pesimismo, etc. En el caso de la Inteligencia Artificial (IA) esto se denominó el “Invierno de la IA” o los *inviernos*, pues hubo varios. Aunque el ‘Invierno Cuántico’ tiende a

referirse a la computación cuántica, una caída en el entusiasmo por la computación podría lastrar también las inversiones y los esfuerzos que se están realizando en comunicaciones cuánticas (que perdería su motivación principal de securizar comunicaciones e interconectar ordenadores cuánticos), y sensorización (que en gran medida depende de la inversión en ciencia básica).

El mercado nacional de tecnologías cuánticas dispone de una financiación de la I+D+i limitada, muy disgregada por todo el territorio y con un mercado interno pequeño, con pocas empresas grandes que hagan de tractoras. Un recorte en las políticas de inversión podría dar al traste con el incipiente ecosistema nacional, y acentuar la fuga de talento a otros países o a líneas de investigación mejor financiadas.

Para evitar un ‘invierno cuántico’ desde los sectores industriales creemos que se debe:

- 1) Mantener el **interés de las políticas públicas**, en forma de planes estratégicos nacionales y regionales que marquen objetivos claros a medio y largo plazo, y comprometan recursos financieros suficientes para poder desarrollarlos.
- 2) La industria debe definir una **visión de impacto** como primer paso de una estrategia nacional, que permita continuar con las políticas públicas de formación, programas de I+D+i, etc. Esta visión estará basada en las fortalezas del país y de la industria. Esta visión debe contemplar indicadores de progreso que permitan medir cómo se está implementando esta visión, y detectar posibles estancamientos.
- 3) La administración pública debe actuar como **early adopter** para permitir una demanda de mercado inicial que permita desarrollar la industria. Por ejemplo, utilizando instrumentos como la compra pública innovadora y precomercial.

4) Las tecnologías cuánticas se deben **incorporar a otros ámbitos de conocimiento** o disciplinas, con un mayor nivel de madurez tecnológica y más consolidadas en el mercado, y que permitan sinergias con estas. Como, por ejemplo, la computación cuántica y la computación de altas prestaciones. Esto debe habilitar un flujo continuo de actividad en este campo entre oferta y demanda.



INFORME  
**LA ESPAÑA CUÁNTICA**

AMETIC 2022

**02** **ESPAÑA CUÁNTICA**

## España cuántica

Desde el último informe publicado en 2019, el incipiente ecosistema industrial español de tecnologías cuánticas ha avanzado de la mano de iniciativas con financiación pública como Quantum Spain<sup>1</sup> o público-privadas como el proyecto CUCO<sup>2</sup>, de la mano de líderes industriales que se han embarcado en nuevos proyectos (como veremos en la sección de entrevistas), así como de todo un sistema de centros tecnológicos, asociaciones y ecosistemas regionales, que ayudan a la creación de conocimiento, transferencia tecnológica y dinamización del mercado.

A pesar de los avances, este ecosistema sigue siendo pequeño y poco cohesionado. Necesita seguir creciendo internacionalmente, en especial hacia Europa, su principal mercado en los próximos años. Retener y atraer talento se debe convertir en una prioridad, así como la transferencia tecnológica desde centros de investigación a nuevas startups con capacidad de atraer inversiones privadas. Los líderes industriales españoles deben ser tractores de demanda, así como de financiación pública nacional y europea que permitan seguir desarrollando el ecosistema.

Con el objetivo de hacer un mapa de este incipiente ecosistema español de tecnologías cuánticas, a continuación, se indexan las principales empresas (por tamaño), usuarios finales (demanda) que han iniciado proyectos, centros tecnológicos y de I+D+i, las principales iniciativas nacionales y regionales con financiación pública, así como asociaciones nacionales y regionales.

<sup>1</sup> [https://portal.mineco.gob.es/es-es/comunicacion/Paginas/211026\\_np\\_cuantico.aspx](https://portal.mineco.gob.es/es-es/comunicacion/Paginas/211026_np_cuantico.aspx)

<sup>2</sup> <https://www.cuco.tech/>

## Empresas (por tamaño y orden alfabético)

A continuación, se recoge una lista de empresas que tienen su sede en territorio nacional y que ofrecen servicios o productos relacionados con tecnologías cuánticas.

Nombre	Tamaño	Descripción
Accenture	Gran empresa	Empresa de servicios en consultoría tecnológica. Multinacional que ofrece servicios de tecnologías cuánticas cubriendo todo el espectro: asesoría estratégica, implementación, diseño de arquitectura, etc. <a href="https://www.accenture.com/es-es">https://www.accenture.com/es-es</a>
Amazon Braket	Gran empresa	Empresa multinacional que ofrece el servicio de Amazon Web Services (AWS) completamente administrado, diseñado para proporcionar a los usuarios de ordenadores cuánticos acceso remoto a un único entorno de desarrollo. La característica principal que ofrece es la posibilidad de acceder a varios servicios cuánticos desde una misma arquitectura. <a href="https://aws.amazon.com/es/braket/?nc1=h_ls">https://aws.amazon.com/es/braket/?nc1=h_ls</a>
ATOS	Gran empresa	Empresa francesa de servicios IT. Disponen de un simulador de computador cuántico llamado Quantum Learning Machine. Foco en HPC y computación cuántica. <a href="https://atos.net/es/spain">https://atos.net/es/spain</a>
Deloitte	Gran empresa	Tiene una estrategia global para abordar la computación cuántica como consultoría y servicio, diferenciado por tecnología e industria, con el apoyo de diferentes sedes y alianzas con proveedores. Aborda pruebas de concepto con clientes para aplicar tecnología de inspiración cuántica, y desarrolla un plan de divulgación y acercamiento a los clientes a casos prácticos reales. <a href="https://www2.deloitte.com/es/es.html">https://www2.deloitte.com/es/es.html</a>

Nombre	Tamaño	Descripción
EY	Gran empresa	Empresa multinacional de servicios profesionales. Ofrece servicios de consultoría y de implantación de proyectos de tecnologías cuánticas y de inspiración cuántica. <a href="https://www.ey.com/es-es">https://www.ey.com/es-es</a>
GMV	Gran empresa	Grupo de tecnología multinacional de los sectores aeroespacial, defensa, ciberseguridad, transporte inteligente e IT. Tiene proyectos en computación, comunicaciones y sensórica cuántica. Entre otros, lidera el proyecto CUCO, y participa en el proyecto CARAMUEL liderando el segmento terreno de la misión. <a href="https://www.gmv.com/es-es">https://www.gmv.com/es-es</a>
Grant Thornton	Gran empresa	“Grant Thornton en España, es la sexta firma de servicios profesionales de auditoría, consultoría de negocio, tecnología e innovación a nivel mundial. Trabaja en implantar proyectos en diferentes verticales (finanzas, seguros, energía, automoción, retail...) utilizando tecnologías disruptivas: Blockchain, IA, Tecnologías cuánticas. <a href="https://www.grantthornton.es/">https://www.grantthornton.es/</a>
Ibermática	Gran empresa	Tras más de 45 años de actividad en el sector de las TIC, Ibermática está en el puesto nº 8 entre las empresas TIC del mercado español, agrupando casi a 3.800 profesionales y representa un volumen de negocio superior a los 258 M €. Desde el año 2019 ha constituido la unidad Ibermática Digital como el área desde la que poder ofrecer al mercado soluciones altamente innovadoras y en la que están englobadas la apuesta de Ibermática por la Cuántica como el próximo paso en la IA. Integra soluciones cuánticas desde el acceso a los computadores cuánticos más adecuados para cada caso de uso, hasta la consultoría, integración de dichas soluciones en el proceso de los clientes, pasando por el desarrollo, modelado, y despliegue de soluciones cuánticas. Actualmente forma parte del grupo Ayesa. <a href="https://ibermatica.com/">https://ibermatica.com/</a>

Nombre	Tamaño	Descripción
IBM Quantum	Gran empresa	Empresa multinacional. Ofrece uno de los primeros ordenadores cuánticos con acceso público basado en qubits superconductores. Dispone de las plataformas IBM Quantum Composer e IBM Quantum Lab que permiten el acceso cloud a los servicios de computación cuántica. Desarrollador de su propio software cuántico denominado Qiskit. <a href="https://www.ibm.com/quantum">https://www.ibm.com/quantum</a>
Keysight	Gran empresa	Empresa de manufactura electrónica que produce módulos de generación de frentes de onda y digitalizadores utilizando tecnología FPGA programable. Tienen sede en Barcelona tras la adquisición de Sygnadine, antiguo spin-off del ICFO. <a href="https://www.keysight.com/us/en/home.html">https://www.keysight.com/us/en/home.html</a>
Microsoft	Gran empresa	Empresa multinacional. Ofrece el servicio Azure Quantum, que es una pila completa de desarrollo cloud para ordenadores cuánticos. A través de esta se puede acceder a los ordenadores cuánticos de diferentes fabricantes. <a href="https://www.microsoft.com/es-es">https://www.microsoft.com/es-es</a>
Telefónica	Gran empresa	Empresa multinacional. Tienen puesto el foco principalmente en comunicaciones cuánticas. Junto con UPM y Huawei han puesto en marcha la red de comunicaciones cuánticas MadQCI. Esta red es pionera a nivel mundial, ya que demuestra la aplicación de la criptografía cuántica en redes ópticas comerciales y su integración con la operación de la red por medio de tecnologías basadas en SDN (Software Defined Networking) <a href="https://www.telefonica.com/es/">https://www.telefonica.com/es/</a>
Arquimea Research Center	PYME	Centro de investigación privado que nace para desarrollar ideas e involucrarse en proyectos de alto impacto tecnológico y social, a través de una estrategia multidisciplinar. Tienen un Área sobre Computación Cuántica. <a href="https://www.arquimea.com/">https://www.arquimea.com/</a>

Nombre	Tamaño	Descripción
aQuantum Software Engineering	PYME	Empresa de consultoría y desarrollo de software cuántico. Creada a partir del grupo de investigación aQuantum, fundado por la empresa alhambraIT y el grupo de investigación Alarcos de la Universidad de Castilla la Mancha. Desarrollan una plataforma de desarrollo de software cuántico para el ecosistema de soluciones híbridas. <a href="https://www.aquantum.es/">https://www.aquantum.es/</a>
Cinfo	PYME	Cinfo es una empresa basada en talento y en compromiso. El equipo está formado por especialistas en diferentes ámbitos: Inteligencia Artificial, Codificación de vídeo, IoT, Bigdata, AndroidTV, UI / UX, diseño y desarrollo de software. <a href="https://www.cinfo.es/home/">https://www.cinfo.es/home/</a>
DAS Photonics	PYME	Integradores de plataforma en los sectores de defensa, aviónica y espacio. Spin-off del centro de tecnología de nanofotónica de la Universidad Politécnica de Valencia. Participan en el proyecto CUCO. <a href="https://www.dasphotonics.com/">https://www.dasphotonics.com/</a>
Entanglement Partners SL	PYME	Primera empresa de consultoría cuántica que se creó en España y Latinoamérica. Su actividad principal se centra en consultoría estratégica y tecnológica en torno a las tecnologías cuánticas. <a href="https://www.entanglementpartners.com/">https://www.entanglementpartners.com/</a>
G2-Zero	PYME	Startup creado por investigadores del IMN-CNM (CSIC) para la fabricación de fuentes de un solo fotón, con aplicaciones en comunicación y tecnologías cuánticas. <a href="https://g2-zero.com/">https://g2-zero.com/</a>
Inspiration-Q	PYME	Empresa de base tecnológica creada desde el CSIC. Diseña y comercializa soluciones cuánticas y de inspiración cuántica para problemas de optimización, simulación y aprendizaje automático. <a href="https://www.inspiration-q.com">https://www.inspiration-q.com</a>

Nombre	Tamaño	Descripción
iPronics	PYME	Desarrolla circuitos integrados fotónicos programables para todas las capas de la industria. Procesamiento fotónico para hardware más ecológico en aplicaciones de comunicaciones, sensores y computación. <a href="https://ipronics.com">https://ipronics.com</a>
IQM	PYME	Compañía Paneuropea líder en fabricar computadores cuánticos, con sede en Espoo, Finlandia. Recientemente ha abierto filial en España (Bilbao), centrada en las finanzas cuánticas y en el codiseño de computadoras cuánticas. <a href="https://www.meetiqm.com/">https://www.meetiqm.com/</a>
LuxQuanta	PYME	LuxQuanta es un spin-off de ICFO con sede en Barcelona. Focalizado en ofrecer sistemas y tecnologías de distribución de claves cuánticas (QKD) para que se integren en las infraestructuras de red existentes. <a href="https://www.luxquanta.com/">https://www.luxquanta.com/</a>
Multiverse Computing	PYME	Líder europeo en computación cuántica. Con 70 trabajadores repartidos entre San Sebastián, Toronto, París y Munich. Tienen una cartera de más de 30 patentes. Cuentan con un producto propio: Singularity. Se dedica a la aplicación de la computación cuántica y de "Inspiración cuántica" a problemas en diferentes campos de aplicación: Finanzas, economía, aeroespacial, salud, automoción, industria 4.0, logística, etc. <a href="https://multiversecomputing.com/">https://multiversecomputing.com/</a>
Qcentroid	PYME	Se presenta como la primera empresa en ofrecer tecnología Quantum a los ecosistemas Web3; ofreciendo capacidades Quantum, HW y algoritmos, a organizaciones y proyectos Web3. Proporciona un acceso fácil y rápido a los algoritmos cuánticos. <a href="https://qcentroid.xyz/">https://qcentroid.xyz/</a>

Nombre	Tamaño	Descripción
Qilimanjaro	PYME	Diseñan y comercializan ordenadores cuánticos de tipo annealers. Fabrican el stack completo: chip cuántico, software de control y librerías de desarrollo. <a href="https://www.qilimanjaro.tech/">https://www.qilimanjaro.tech/</a>
Quantum Mads	PYME	Ofrecen la herramienta QSaaS híbrida que permite a sus clientes abordar los problemas industriales más desafiantes. Su objetivo es diseccionar la dinámica intrínseca de los sistemas industriales complejos y crear soluciones innovadoras e independientes del hardware. <a href="https://quantum-mads.com/">https://quantum-mads.com/</a>
Quanvia	PYME	Focalizados en implementar aplicaciones de computación cuántica y abrir el espectro de computación cuántica a más público. Ofrecen servicios de investigación, consultoría y training <a href="https://www.quanvia.com/">https://www.quanvia.com/</a>
Qurv	PYME	Spin-off de ICFO. Fabrican sensor de imagen de amplio espectro. Sus sensores están basados en la tecnología de punto (o pozo) cuántico. Esta tecnología permite la detección de señales desde el rango visible hasta el infrarrojo de onda corta, y se puede integrar con los sensores CMOS actuales de bajo costo y alta fabricación. <a href="https://www.qurv.tech/">https://www.qurv.tech/</a>
QuSide	PYME	Diseñan y comercializan fuentes de entropía de alta calidad (utilizando principios cuánticos) y ultra-rápidos, para la generación de números aleatorios. <a href="https://quside.com/">https://quside.com/</a>
Serikat Servicios Informáticos	PYME	Empresa de servicios IT que se han introducido en computación cuántica - proyecto CDTI Cervera Q-OPTIMIZA, Sistema de optimización basado en computación cuántica. <a href="https://serikat.es/">https://serikat.es/</a>

Nombre	Tamaño	Descripción
TTI Norte	PYME	TTI proporciona soluciones de antena y radiofrecuencia de última generación para comunicaciones por satélite. Participan en el proyecto H2020 QMICS, para la creación de una red de área local cuántica basada en microondas. Esta arquitectura se usará para implementar protocolos de comunicación cuántica como la teletransportación entre dos nodos cuánticos superconductores. <a href="https://www.ttinorte.es/qmics/">https://www.ttinorte.es/qmics/</a>
VLC Photonics	PYME	Empresa de diseño de chips fotónicos que ofrece servicios de integración para múltiples campos como fibra óptica, fotónica de microondas, detección óptica, instrumentación, biofotónica, etc. Actualmente forma parte del Grupo Hitachi. <a href="https://www.vlcphotonics.com/">https://www.vlcphotonics.com/</a>

Fuente: Elaboración propia.

## Centros tecnológicos y de I+D

España cuenta con un excelente y nutrido grupo de centros tecnológicos y de I+D que están ayudando a la creación del ecosistema nacional de tecnologías cuánticas, a partir de la creación de grupos internos especializados en tecnologías cuánticas, la creación de spin-offs de base tecnológica, o a partir de la transferencia de conocimiento.

Centro tecnológico	Descripción
BSC	Es el centro nacional español de supercomputación. Lidera el proyecto Quantum Spain como responsable de la Red Española de Supercomputación. <a href="https://www.bsc.es/">https://www.bsc.es/</a>
CESGA	El centro de supercomputación de Galicia tiene como misión contribuir a la ciencia mediante la investigación y aplicación de la computación y comunicaciones de altas prestaciones. Lideran el Polo de Tecnologías Cuánticas de Galicia, y recientemente han licitado la construcción de un ordenador cuántico. <a href="https://www.cesga.es/">https://www.cesga.es/</a>
CSIC	Además de participar en diferentes programas nacionales y europeos, el CSIC ha creado la Plataforma de Tecnologías Cuánticas ( <a href="https://qtep.csic.es">https://qtep.csic.es</a> ), un proyecto de 35 grupos de investigación en 18 institutos propios y mixtos, que colabora con universidad y empresas en el desarrollo de tecnologías cuánticas (computación, comunicación, sensado) y su fabricación y transferencia a la industria. Fruto de esta iniciativa son las startups G2-Zero e Inspiration-Q. <a href="https://www.csic.es/es">https://www.csic.es/es</a>
CTIC	Centro Tecnológico especializado en tecnologías del Dato e Inteligencia Artificial. Cuenta con una línea de especialización en computación cuántica y ha desarrollado, junto al Grupo QHPC de la Universidad de Oviedo, la Plataforma QUTE que emula un ordenador cuántico de 38 qbits. <a href="http://www.fundacionctic.org">www.fundacionctic.org</a>

Centro tecnológico	Descripción
CTTC - Centre Tecnològic de Telecomunicacions de Catalunya	Referente en tecnologías de capa física, de acceso y de red para redes terrestres de telecomunicación, trabaja en comunicaciones cuánticas y QKD y su impacto e integración en las redes ópticas y la mejora de la seguridad en 5G y la futura 6G. <a href="https://www.cttc.cat/">https://www.cttc.cat/</a>
DIPC	Referente internacional en investigación básica en el campo de la ciencia de materiales, con líneas de investigación en la química cuántica y el modelado por computador, el desarrollo de nuevos materiales y las propiedades de la nanoescala. <a href="http://dipc.ehu.es/">http://dipc.ehu.es/</a>
Eurecat	Eurecat cuenta con un grupo de investigación en Computación Cuántica integrado en el Área de Tecnologías Digitales. La investigación del grupo se centra en el diseño e implementación de algoritmos cuánticos de aprendizaje automático (Quantum Machine Learning) así como de la resolución de problemas de optimización mediante diferentes paradigmas de computación cuántica. <a href="https://eurecat.org/es/">https://eurecat.org/es/</a>
i2Cat	Referente en investigación en 5G/6G, IoT, tecnologías inmersivas y comunicaciones espaciales. Trabaja en comunicaciones cuánticas, en QKD y su integración en protocolos de Internet y en las futuras redes 6G satelitales. <a href="https://i2cat.net/">https://i2cat.net/</a>
i3B	El Instituto Ibermática de Innovación (I3B), es una entidad de investigación aplicada creada por Ibermática a finales del año 2005, cuyo fin es promover soluciones y servicios innovadores mediante el empleo de las TIC, incorporando la sistemática de la innovación en las personas y en los procesos. I3B nace para dar respuesta a la creciente demanda de innovación existente en el sector de los servicios. Actualmente, I3B cuenta con una plantilla formada por 70 investigadores, altamente cualificados y su actividad se orienta al desarrollo de proyectos de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) en relación con tecnologías relacionadas con la Inteligencia Artificial y la Computación Cuántica, entre otras. <a href="https://ibermatica.com/i3b/">https://ibermatica.com/i3b/</a>

Centro tecnológico	Descripción
ICFO	Participa en diferentes programas europeos y nacionales. Son un referente a nivel internacional en ciencias fotónicas. Ha creado diferentes spin-offs como QuSide o LuxQuanta. <a href="https://www.icfo.eu/es/">https://www.icfo.eu/es/</a>
ICN2 - Institut Català de Nanociència i Nanotecnologia	Referente en la investigación en la nanoescala, trabaja sobre el comportamiento cuántico de la materia, con foco en los materiales cuánticos y sus aplicaciones tecnológicas como en computación y comunicaciones cuánticas. <a href="https://icn2.cat/en/">https://icn2.cat/en/</a>
IFAE	Referente en física teórica y experimental, física de altas energías, astrofísica y cosmología, y también la física aplicada, como la imagen médica y la computación cuántica. <a href="https://www.ifae.es/">https://www.ifae.es/</a>
IMDEA Nanociencia	Centro de investigación interdisciplinar focalizado en el campo de la nanociencia, la nanotecnología y el diseño molecular, con programas en nanodispositivos cuánticos, nanomagnetismo y nanomedicina entre otros. <a href="https://www.nanociencia.imdea.org/">https://www.nanociencia.imdea.org/</a>
TECNALIA	TECNALIA es el mayor centro de investigación aplicada y desarrollo tecnológico de España, y un referente en Europa. Trabaja en computación y simulación, sensorica, comunicaciones QKD y PQC. <a href="https://www.tecnalia.com/">https://www.tecnalia.com/</a>

Fuente: *Elaboración propia.*

## Asociaciones y ecosistemas regionales

Entre los actores importantes del ecosistema de tecnologías cuánticas español, nos encontramos también las asociaciones empresariales, hubs tecnológicos y diferentes ecosistemas territoriales. Este tipo de entidades ayudan a dinamizar el mercado y crear sinergias entre diferentes actores.

Asociación o ecosistema	Descripción
AMETIC	Grupo de Trabajo de Información, Computación y Ciberseguridad Cuánticas, perteneciente a la Comisión de Innovación de AMETIC. AMETIC es la Voz de la Industria Digital en España. El Grupo de Tecnologías Cuánticas está compuesto por más de 50 empresas de oferta y demanda. Participa activamente en el Congreso de AMETIC en Santander organizando la "Mesa cuántica" y otorga el premio AMETIC a la "Excelencia empresarial en tecnologías cuánticas". Además, ha colaborado con la Comisión de Industria 4.0 en la publicación de un documento sobre aplicación de las <a href="#">Tecnologías Cuánticas al ámbito industrial</a> recopilando diferentes casos de uso. Es miembro del Quantum Industrial Consortium QuIC y lo representa en España. Es miembro del Quantum Strategic Advisory Board del Flagship de la UE. Es miembro del grupo de trabajo del CTN 071/SC14 "Tecnologías Cuánticas" de UNE. <a href="https://ametic.es/es">https://ametic.es/es</a>
APTE / DISRUPTIVE	La Asociación de Parques Tecnológicos de España ha creado la Plataforma DISRUPTIVE para el estudio, la divulgación y la promoción de tecnologías digitales disruptivas. Esta Plataforma cuenta con un grupo de trabajo en computación cuántica, coordinado por la Plataforma de Tecnologías Cuánticas del CSIC. <a href="https://ptedisruptive.es/conocimiento/grupos-trabajo/">https://ptedisruptive.es/conocimiento/grupos-trabajo/</a>
barcelonaqbit bqb	Think tank y red profesional de tecnologías cuánticas que cuenta en LinkedIn con 17.000 "contactos cuánticos cualificados". Otorga el reconocimiento a la labor de difusión en linkedin sobre tecnologías cuánticas: "bqb Quantum Top Voices". <a href="http://www.barcelonaqbit.com/">http://www.barcelonaqbit.com/</a> <a href="https://www.linkedin.com/in/barcelonaqbit/">https://www.linkedin.com/in/barcelonaqbit/</a>

Asociación o ecosistema	Descripción
Consell de Tecnologies Quàntiques de Catalunya	Consejo creado por el Govern en junio de 2021 que aglutina a los principales actores de las tecnologías cuánticas de Cataluña. Lo preside Andreu Mas Colell y está promovido por la Generalitat de Catalunya. <a href="https://cido.diba.cat/legislacio/11990223/acord-gov1012021-de-6-de-juliol-pel-qual-es-crea-el-consell-de-les-tecnologies-quantiques-de-catalunya-departament-de-la-vicepresidencia-i-de-politiques-digital-s-i-territori">https://cido.diba.cat/legislacio/11990223/acord-gov1012021-de-6-de-juliol-pel-qual-es-crea-el-consell-de-les-tecnologies-quantiques-de-catalunya-departament-de-la-vicepresidencia-i-de-politiques-digital-s-i-territori</a>
Gipuzkoa Quantum	El Departamento de Educación del Gobierno Vasco y la Diputación Foral de Gipuzkoa suscribieron en septiembre de 2021 un acuerdo de colaboración con el fin impulsar conjuntamente el desarrollo de un Polo de Tecnologías Cuánticas en Gipuzkoa. <a href="https://www.gipuzkoa.eus/es/-/aldundia-eta-jaurlaritza-lankidetzan-arituko-dira-gipuzkoan-teknologia-kuantikoen-polo-bat-qaratzeko">https://www.gipuzkoa.eus/es/-/aldundia-eta-jaurlaritza-lankidetzan-arituko-dira-gipuzkoan-teknologia-kuantikoen-polo-bat-qaratzeko</a>
IKUR	La Estrategia Ikur 2030 del Departamento de Educación del Gobierno Vasco hace una apuesta por cuatro ámbitos o nichos emblemáticos hasta 2030, entre los que figura el de las tecnologías cuánticas. <a href="https://www.science.eus/es/ikur">https://www.science.eus/es/ikur</a>
Madrid Quantum Network	Impulsa las capacidades europeas en tecnologías cuánticas, ciberseguridad y competitividad industrial; centrado en proporcionar una distribución de claves cuánticas como servicio. <a href="https://www.upm.es/recursosidi/offers-resources/soluciones-tecnologicas/madrid-quantum-network/">https://www.upm.es/recursosidi/offers-resources/soluciones-tecnologicas/madrid-quantum-network/</a>
Polo de Tecnologías Cuánticas de Galicia	El Polo nace para que Galicia sea un referente europeo e internacional en computación y comunicación cuántica de cara al 2030, tanto a nivel académico y de investigación, como empresarial y comercial. <a href="https://www.cesga.es/polo-de-tecnologias-cuanticas-de-galicia/">https://www.cesga.es/polo-de-tecnologias-cuanticas-de-galicia/</a>
Quantica - Valle del Mediterráneo de la Ciencia y las tecnologías cuánticas	Creación de un modelo de hub similar al Munich Quantum Valley. Liderado por ICFO, y con el apoyo del departamento de Ciencia y Universidades de la Generalitat de Cataluña. <a href="https://dogc.gencat.cat/es/document-del-dogc/index.html?documentId=923673">https://dogc.gencat.cat/es/document-del-dogc/index.html?documentId=923673</a>

Asociación o ecosistema	Descripción
QuantumCAT	Es el hub de tecnologías cuánticas de Cataluña. Tiene como objetivo desarrollar proyectos en tecnologías que actualmente están en el laboratorio para su implementación a nivel industrial. El Hub incluye tanto instituciones de investigación de Cataluña como actores industriales en este ámbito. Ha recibido financiación European Regional Development Fund (ERDF) dentro del programa FEDER, y del programa RIS3CAT. <a href="https://quantum-cat.cat/es/inicio/">https://quantum-cat.cat/es/inicio/</a>
Quantum Computing Spanish Association in Informatics	Qspain es un Think Tank de Computación Cuántica que nace como asociación sin ánimo de lucro formada por socios numerarios. Su fin es impulsar y promover el desarrollo de la computación cuántica y sus aplicaciones desde España. <a href="https://qspain.org/">https://qspain.org/</a>
Quantum Ecosystem (Bizkaia)	La Estrategia de la Diputación Foral de Bizkaia para afianzar la posición internacional del territorio en el ámbito de las tecnologías cuánticas y convertirse en un polo de referencia en el conocimiento y futuros desarrollos de quantum. <a href="https://web.bizkaia.eus/es/web/comunicacion/noticias/-/news/detailView/22203">https://web.bizkaia.eus/es/web/comunicacion/noticias/-/news/detailView/22203</a>
Quantum World Association QWA	Organización internacional independiente de startups con foco en las tecnologías cuánticas. Tiene su sede en Barcelona. Su misión es potenciar y acelerar el despliegue de las Tecnologías Cuánticas en las empresas, conectando a usuarios, proveedores y líderes de opinión. <a href="http://www.quantumwa.org">www.quantumwa.org</a>
Red Española de Información y Tecnologías Cuánticas	Red Nacional financiada por la Agencia Estatal de Investigación (AEI), dependiente del Ministerio de Ciencia e Innovación, desde 2014 y que aúna a los principales grupos de tecnologías e información cuánticas, tanto teórica como experimental, en España. Promueve la organización de reuniones, escuelas de verano y en particular el congreso ICE. <a href="https://www.ritce2020.hbar.es">https://www.ritce2020.hbar.es</a>

Fuente: Elaboración propia.

## Proyectos e iniciativas nacionales y regionales con financiación pública

A continuación, se listan los principales proyectos e iniciativas regionales, nacionales y europeas que han recibido financiación pública, y que cuentan con participación de empresas españolas, contribuyendo a la dinamización del ecosistema nacional. Para cada proyecto o iniciativa se identifica la fuente de financiación, el importe aproximado, y el líder del proyecto.

Proyecto	Descripción
PERTE VEC Renault	Ecosistema industrial de innovación para vehículos eléctricos, autónomos y conectados. Multiverse Computing participa de este proyecto contribuyendo a la creación de nuevos algoritmos cuánticos para soportar mejor las nuevas plataformas de prueba y otras operaciones en automóviles eléctricos, conectados y autónomos. <a href="https://thequantuminsider.com/2022/09/07/multiverse-computing-joins-electric-vehicle-alliance-led-by-renault-to-advance-auto-industry-in-spain/">https://thequantuminsider.com/2022/09/07/multiverse-computing-joins-electric-vehicle-alliance-led-by-renault-to-advance-auto-industry-in-spain/</a>
Plan complementario de comunicaciones cuánticas	Proyecto de investigación financiado por los fondos de recuperación y las comunidades autónomas, que cuenta con la participación de Castilla y León, Cataluña, Comunidad de Madrid, Galicia, País Vasco y la Plataforma de Tecnologías Cuánticas del CSIC. El tema central de este plan son las comunicaciones cuánticas, aunque también cuenta con aportaciones en sensorica, computación cuántica y algoritmos, por ejemplo. <a href="https://www.ciencia.gob.es/Estrategias-y-Planes/Plan-de-Recuperacion-Transformacion-y-Resiliencia-PRTR/Planes-complementarios-con-CCAA/Comunicacion-cuantica.html">https://www.ciencia.gob.es/Estrategias-y-Planes/Plan-de-Recuperacion-Transformacion-y-Resiliencia-PRTR/Planes-complementarios-con-CCAA/Comunicacion-cuantica.html</a>
Proyecto AgrarIA	Dentro del proyecto AgrarIA, GMV y CSIC liderarán un piloto que usará quantum machine learning para intentar predecir el rendimiento de cultivos agrícolas. <a href="https://www.csic.es/es/actualidad-del-csic/un-equipo-del-csic-utilizara-inteligencia-artificial-cuantica-para-predecir-el">https://www.csic.es/es/actualidad-del-csic/un-equipo-del-csic-utilizara-inteligencia-artificial-cuantica-para-predecir-el</a>

Proyecto	Descripción
Proyecto CUCO	CUCO es el primer gran consorcio industrial de computación cuántica a nivel nacional con el objetivo de progresar en el conocimiento científico y tecnológico de algoritmos de computación cuántica, apoyado por el CDTI dentro del programa Misiones 2021 y apoyado por el Ministerio de Ciencia e Innovación bajo el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia. <a href="https://www.cuco.tech/">https://www.cuco.tech/</a>
Proyecto QUANGO	Sateliot junto con ICFO y otros 6 partners iniciaron en enero 2021 el proyecto QUANGO “cubesat for QUANTum and 5G cOmmunication”, financiado a través de la convocatoria H2020. Este proyecto diseñará y creará prototipos de los elementos clave de una misión satelital que tenga como objetivo la prestación de servicios de internet de las cosas y distribución de claves cuánticas. <a href="https://cordis.europa.eu/project/id/101004341/es">https://cordis.europa.eu/project/id/101004341/es</a>
Q-SiNG	Proyecto de la convocatoria 2021 de los EDF para un navegador inercial y gravímetro basado en cuántica. <a href="https://defence-industry-space.ec.europa.eu/system/files/2022-09/Factsheet_EDF21_Q-SiNG.pdf">https://defence-industry-space.ec.europa.eu/system/files/2022-09/Factsheet_EDF21_Q-SiNG.pdf</a>
QFirst y Q-eNVy	QFirst tiene como objetivo desarrollar componentes cuánticos (hardware cuántico) para sensores de ultra resolución mediante tecnologías de física del estado sólido basadas en centros de nitrógeno vacante. Está coordinado por TECNALIA y cuenta con la colaboración de la UPV/EHU, TEKNIKER, el Centro de Física de Materiales y AVS NEXT. Q-eNVy respalda la iniciativa anterior con una infraestructura científico-tecnológica para el soporte a la I+D+i en este campo del conocimiento. Son iniciativas apoyadas por los programas ELKARTEK y AZPITEK del Gobierno Vasco, respectivamente.

Proyecto	Descripción
Quantek	<p>Estudio de problemas, retos y limitaciones de las tecnologías cuánticas, análisis de posibles aplicaciones en la industria vasca, y su posterior difusión tanto de las aplicaciones como de las capacidades. Se focaliza en Ingeniería del Software Cuántico, Optimización y Simulación Cuántica (Computación y Simulación), Seguridad y Comunicaciones Cuánticas y creación del Ecosistema de Computación Cuántica. Financiado por el Programa Elkartek del Gobierno Vasco.</p> <p><a href="https://www.quantek.eus/">https://www.quantek.eus/</a></p>
Quantum Spain	<p>Creación del primer ecosistema de computación cuántica del sur de Europa, basado en un modelo de cooperación público-privada; un supercomputador cuántico abierto, al servicio de la comunidad investigadora, empresas y entidades públicas.</p> <p><a href="https://quantumspain-project.es/">https://quantumspain-project.es/</a></p>

Fuente: Elaboración propia.



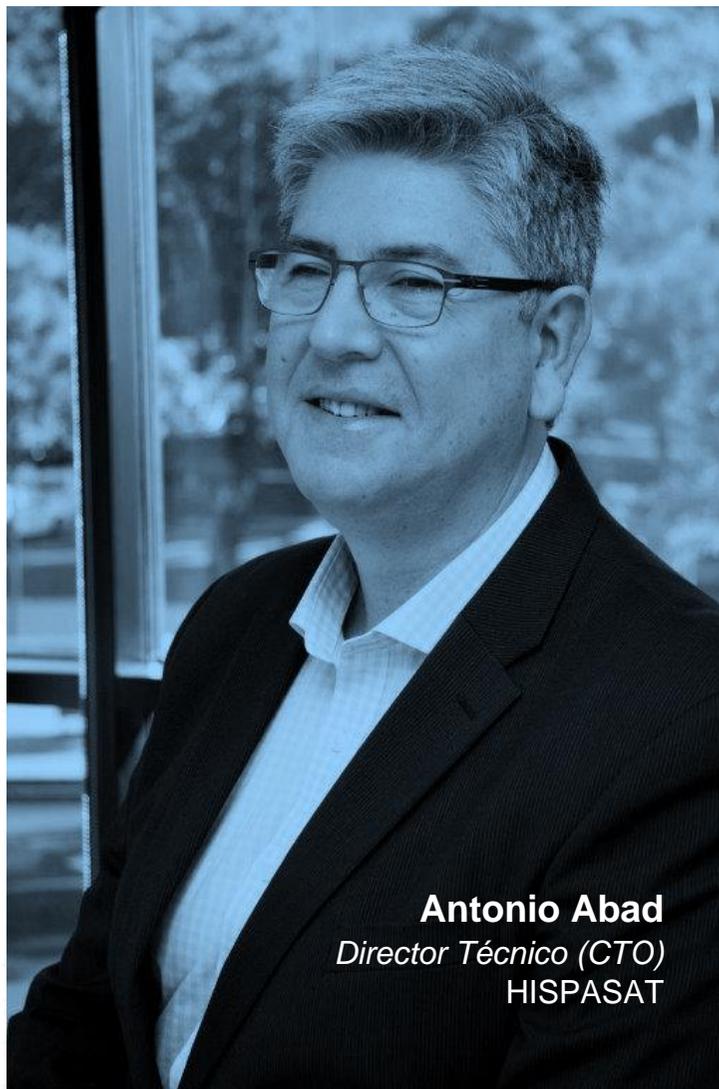
INFORME  
**LA ESPAÑA CUÁNTICA**  
AMETIC 2022

**03 ENTREVISTAS**

## Entrevistas

Como hemos visto en las secciones anteriores, en España se están llevando a cabo una gran cantidad de iniciativas impulsadas por la administración pública y por el sector de la oferta, con el objetivo de crear servicios, productos innovadores y un ecosistema fuerte y cohesionado. Sin embargo, esos esfuerzos quedarían en nada si a su vez, el lado de la demanda no hiciera lo propio.

Con el objetivo de dar visibilidad a los proyectos de tecnologías cuánticas iniciados por empresas de demanda líderes en España, AMETIC ha invitado a contribuir con un artículo a los responsables de estos proyectos. Dichos artículos recogen la opinión del autor y no de AMETIC, o de sus miembros, y contienen la información que el autor libremente ha decidido compartir. En la medida de lo posible, AMETIC ha incorporado como autores a una representación de empresas líderes en diferentes industrias, como son: banca, farma, aeroespacial, energía, automoción y telco.



**Antonio Abad**  
Director Técnico (CTO)  
HISPASAT

Actualmente, estamos viviendo la llamada “segunda revolución cuántica”, que promete un cambio de paradigma, en el que la computación cuántica alcanzará el potencial para resolver problemas previamente inimaginables. Sin embargo, estas nuevas capacidades computacionales amenazan la seguridad de los sistemas de encriptación de los que depende nuestra sociedad. Por tanto, es necesario desarrollar métodos de comunicaciones seguras resistentes a esta amenaza.

Los sistemas de distribución de claves cuánticas (Quantum Key Distribution, QKD) garantizan la autenticación y privacidad de las comunicaciones proporcionando claves de cifrado seguras, ya que la presencia de un intruso es siempre detectada y la clave comprometida se desecha. Las redes cuánticas terrestres actualmente se están desplegando en fase experimental en varias áreas metropolitanas en países como China, Alemania e incluso en España. Sin embargo, el alcance de dichas redes terrestres está limitado a algo más de 100 kilómetros, por lo que el satélite es el medio óptimo para transmitir estas claves a distancias superiores.

Se prevé que el mercado global de comunicaciones cuánticas vía satélite (incluyendo plataformas, lanzamientos y servicios) alcance los 2.600 millones de dólares en 2030, con una facturación acumulada asociada a servicios (principalmente QKD) de 1.800 millones de dólares. Actualmente nos encontramos en fase de validación de la tecnología en órbita mediante satélites experimentales.

Por ello, hay una serie de desafíos que deben superarse en relación con las tecnologías cuánticas basadas en satélites. Primero, aumentar la robustez de las señales cuánticas para mitigar el ruido presente en el canal de espacio libre y alcanzar así mayores tasas de transferencia de clave. En segundo lugar, los componentes del sistema deben construirse para soportar las exigentes condiciones a las que estarán sometidos en el espacio. Finalmente, las fuentes de fotones y los telescopios embarcados son otra barrera debido al bajo nivel de madurez tecnológica que tienen actualmente. Por lo tanto, son necesarios proyectos que financien la calificación, integración y demostración en órbita de estos equipos.

#### Ámbito nacional

Respecto al ámbito nacional, España debería abordar un plan para el desarrollo de las tecnologías necesarias para el diseño, creación y posible explotación de un servicio de comunicaciones cuánticas que incluyera al satélite. Dicho servicio sería proporcionado por un sistema extremo a extremo en el que estarían involucradas la industria, los operadores, la academia y los usuarios nacionales. Una tarea tan ambiciosa, enfocada a la prestación de un servicio tan crítico, sólo puede ser acometida mediante la colaboración público-privada; comenzando por pruebas de concepto y demostradores de utilización y culminando con la

implantación de un sistema que cumpla los requisitos de seguridad validados mediante certificaciones y que se integrará en el proyecto de la Comisión Europea para el desarrollo de la futura infraestructura europea de comunicaciones cuánticas seguras (EuroQCI).

Desde HISPASAT hemos obtenido recientemente el apoyo de la Agencia Espacial Europea (ESA) en el marco del Programa ARTES “Competitiveness & Growth”, a través del Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), para su proyecto Caramuel Fase A. Este proyecto tiene como objetivo el diseño, desarrollo, lanzamiento y operación de la primera implementación de un sistema QKD desde órbita geoestacionaria. El segmento espacial se embarcará como una carga útil alojada en un próximo satélite de alto rendimiento (HTS) de HISPASAT. El nuevo segmento terreno para gestionar y controlar el servicio QKD permitirá su integración en el marco de EuroQCI. Durante la fase de estudio de viabilidad del proyecto, se están evaluando las diferentes alternativas tecnológicas y de diseño, de acuerdo con el estado del arte y los requerimientos de los servicios a proporcionar, dando lugar a la definición y especificación del sistema y el plan de desarrollo asociado.

### Talento cuántico

En España tenemos abundante know-how y multitud de expertos de reconocido prestigio internacional. Sirva como ejemplo el consorcio de nuestro proyecto Caramuel, formado por catorce socios industriales y seis académicos, líderes en sus respectivos campos. Además de la industria espacial y la academia, dentro del consorcio contamos con la colaboración de operadores como Telefónica y Cellnex, con los que estamos analizando la interconexión con las infraestructuras terrestres cuánticas y con usuarios finales, como el Banco Santander y BBVA, con el fin de conformar un sistema extremo a extremo que cubra las necesidades de seguridad actuales y futuras de los clientes.

Finalmente, y en línea con su misión, AMETIC puede, trabajando con instituciones nacionales, europeas e internacionales, tanto públicas como privadas, promover políticas y leyes que faciliten el desarrollo y la utilización de las tecnologías cuánticas basadas en satélites. Las tareas podrían incluir la creación de centros colaborativos, el desarrollo y coordinación de hojas de ruta, la colaboración con organismos de estandarización (UIT o ETSI) y, por puesto, la divulgación orientada a acelerar la adopción de estas innovadoras tecnologías, indispensables para las comunicaciones seguras de la sociedad sostenible del futuro.



**Jorge Antonio Bes**  
*Experto en Propiedades Místicas*  
*- Física del Vuelo*  
AIRBUS

En Airbus creemos que las tecnologías cuánticas representarán un cambio de paradigma en la forma de construir y operar aeronaves

Es por ello por lo que desde Airbus estamos siguiendo muy de cerca la evolución de estas tecnologías, no sólo en el ámbito de la computación, sino también en áreas de sensores y comunicaciones. Queremos ser pioneros en la utilización de estas tecnologías para mejorar el rendimiento de nuestros productos y servicios ya que ellas nos ayudarán en la resolución de algunos de los problemas más complejos del mundo aeroespacial

En Airbus no estamos trabajando solos sino en colaboración con los mejores expertos a nivel mundial tanto del ámbito académico como de start-ups. A través de Airbus Ventures invertimos en compañías líderes de tecnologías cuánticas como IonQ, QCWare, Q-Ctrl, o C12 Quantum Electronics. También colaboramos con universidades como la University of Bristol's Quantum Technology Innovation Centre.

En 2019 lanzamos el "Airbus Quantum Computing Challenge", una iniciativa abierta y dirigida a toda la comunidad de investigadores, expertos, universidades y empresas. Airbus propuso 5 problemas reales relacionados con la física del vuelo, para los que los participantes podían proponer una solución basada en tecnología cuántica.

Estos problemas tratan temas como la optimización de la fase de ascenso de un avión, la aplicación de tecnologías cuánticas al CFD (Computational Fluid Dynamics), la aplicación de redes neuronales cuánticas para la resolución de ecuaciones diferenciales con derivadas parciales, la optimización multidisciplinar del diseño del cajón del ala y la optimización del proceso de carga del avión. Más de 1000 personas de 70 países se registraron en el reto, y 36 soluciones fueron presentadas, dando una idea del gran interés que esta iniciativa suscitó a nivel mundial.

El ganador fue anunciado en diciembre de 2020: Machine Learning Reply, una compañía italiana que presentó una brillante propuesta para el problema de optimización de carga del avión. Como resultado de este reto, Airbus y Machine Learning Reply trabajaron juntos durante 2021 para explorar conjuntamente esta propuesta y analizar cómo estos cálculos complejos podrían directamente impactar el negocio de las aerolíneas, maximizando la cantidad de carga transportada por el avión y minimizando los costes asociados a este transporte. Para ello diversas técnicas fueron exploradas, tanto en ordenadores cuánticos como usando algoritmos de inspiración cuántica.

Airbus continúa explorando junto a sus colaboradores los beneficios asociados a las tecnologías cuánticas y su escalabilidad a las operaciones reales. En particular, en el ámbito de la computación cuántica, trabajamos en casos de uso ligados a la Simulación Cuántica (simulaciones de comportamiento de materiales), a la Optimización Cuántica (optimización de flotas), al "Machine learning" Cuántico (en casos de inteligencia de datos) y a los solvers cuánticos (como el ya mencionado CFD).

El soporte institucional a este tipo de iniciativas resulta clave para crear consorcios que puedan generar innovación a distintos niveles, conectando la oferta y demanda de tecnologías cuánticas, asimismo ayudando a desarrollar talento en un área tan reciente como esta.

En este contexto AMETIC facilita el contacto entre empresas tanto de oferta como de demanda de tecnologías cuánticas. Como asociación AMETIC maximiza la visibilidad de las empresas de tecnologías cuánticas, proporciona un entorno en el que compartir casos de uso y traslada a las instituciones las necesidades e intereses comunes de las empresas interesadas en las tecnologías cuánticas.



La computación cuántica vive un momento de florecientes expectativas en los diferentes sectores industriales. Se espera que a finales de esta década aparezcan ordenadores cuánticos tolerantes a fallos, mientras que por el camino dispondremos de dispositivos de pequeña escala sin corrección de errores, que podremos emplear para explorar las aplicaciones en nuestros sectores y desarrollar las capacidades internas requeridas.

Los especialistas estiman que se podrán observar ciertas ventajas cuánticas en dispositivos que implementen unos miles de qubits, lo que podría llegar a pasar dentro de dos o tres años. Los siguientes desarrollos hibridarán de forma progresiva la computación cuántica y la clásica (típicamente la supercomputación o computación de altas prestaciones), expandiendo capacidades mediante la combinación de lo mejor de cada mundo.

En lo que al sector multienergético se refiere es razonable pensar que lo anterior pudiera materializarse de un modo u otro. En nuestro sector podemos agrupar las aplicaciones de la computación cuántica en tres categorías. En primer lugar, los problemas de optimización que resultan ubicuos tanto en logística, en planificación o en el control de nuestros activos. En esta categoría cabe pensar que la computación cuántica, en alguno de sus sabores, ofrecerá ventajas en el corto plazo bien por dotar a los mismos problemas de soluciones más precisas

o por habilitar la posibilidad de estudiar problemas más complejos y de dimensiones muy superiores. En segundo lugar, los problemas de simulación: concretamente en lo relativo al diseño molecular y a la química en general en aplicaciones como el diseño de catalizadores o la captura y el posterior uso del dióxido de carbono. En este caso la ventaja se hará esperar más situándonos en el medio plazo, pues es mucho más demandante en capacidades de cómputo. En tercer lugar, las aplicaciones que explotan el dato como el machine learning, cada vez más vital en una prestación de servicios centrada en las necesidades del cliente. La computación cuántica tiene mucho potencial de aplicación también en este sector. Sin embargo, los ambiciosos programas de digitalización y de aplicaciones de la Inteligencia Artificial aún no se han implementado completamente, por lo que tal vez sea más conveniente en este caso observar los resultados de estos programas de implementación, para afinar el tipo de aplicación en la que obtener la tan deseada ventaja cuántica.

Adicionalmente, la computación cuántica pudiera redundar en una reducción de varios órdenes de magnitud del consumo energético empleado en la propia computación, con la consiguiente reducción de emisiones de gases de efecto invernadero asociada.

En Repsol comenzamos el viaje cuántico vinculando dos revoluciones: la transición energética y la segunda revolución cuántica. Con la creación de un Quantum Advisory Team multidisciplinar y con representación de las diferentes partes de la compañía aseguramos un ejercicio coral de adopción temprana. Tras los convenientes ejercicios de reflexión y exploración tanto interna como externa, nuestra estrategia de adopción temprana nos ha llevado al liderazgo del paquete de trabajo “Computación Cuántica para un Sector Energético Sostenible” del proyecto CUCO ([www.cuco.tech](http://www.cuco.tech)), financiado por CDTI y con la participación de los centros de investigación y las empresas más relevantes del país.

Los retos ahora son otros. Manejar tiempos de desarrollo y aprendizaje de una tecnología con una cultura orientada a producto, gestionar las expectativas de la tecnología y desarrollar el criterio tecnológico suficiente como para establecer las alianzas estratégicas más convenientes.

Es momento de que todos sumemos y aprovechemos la enorme cantera cuántica española. Debemos fomentar iniciativas civiles cuánticas: popularización de la tecnología, acceso a las infraestructuras de computación cuántica, difusión y creación de foros especializados, programas de capacitación profesional a diferentes niveles, vigilancia y promoción de programas de financiación de iniciativas cuánticas.

Hagamos esto de forma constante y sostenida. Hagamos un camino cuántico.



**Alejandro Expósito**  
*Digital and Business  
Operations Director*  
MERCK

Para poder abordar el impacto de estas tecnologías cuánticas diferenciamos entre los sectores de Healthcare, Life Science y Electronics, así como las tecnologías cuánticas, sensorística, computación, sin entrar en la parte de comunicación o criptografía.

Con respecto a la sensorística cuántica en el entorno de **Life Science** se beneficiarán de nuevos métodos / sensores / materiales para diagnósticos, específicamente sensores para detectar señales electromagnéticas débiles o diferencias de temperatura con muy alta precisión. Además, el uso de nuevas técnicas de generación de imágenes como la magnetoscopia de alta resolución de tejido vivo complementará nuestra comprensión actual y ofrecerá mejores diagnósticos. Es probable que los nuevos metamateriales o tintes mejorados para la generación de imágenes estén pronto en el mercado, aquí ya tenemos aplicaciones de sensores cuánticos de temperatura mejorada (NV-diamonds).

En lo que se refiere a **Healthcare** el proceso de adopción de estos métodos es un poco más lento en sus operaciones diarias, podríamos ver wearables mejorados (sensores de temperatura / aceleración / movimiento) para monitorizar pacientes con enfermedades crónicas o usar metamateriales para mejorar la generación de imágenes de los tejidos. También se aplicarán en la investigación preclínica.

Por su parte, **Electronics** producirá nuevos sensores y, al mismo tiempo, desplegará todo tipo de soluciones para mejorar su análisis, así como el control de calidad en todas las etapas de producción. Probablemente el mayor impacto será en los componentes ópticos integrados.

#### ¿Y qué hay de la computación cuántica?

Respecto a la computación cuántica, su uso para simulación de propiedades de materiales es un campo de aplicación. Aquí tenemos las primeras pruebas de concepto, pero de momento se carece de una infraestructura adecuada para cálculos significativos. Hay algoritmos que pueden calcular los estados fundamentales de las moléculas primitivas, pero el uso de QC aún no es posible debido a las limitaciones de HW. Los algoritmos específicos que han demostrado una aceleración matemática teórica (exponencial) como, por ejemplo, transformación cuántica de Fourier, búsqueda de períodos... aún no están listos para ejecutarse en una escala significativa.

En cuanto a los problemas de optimización tenemos evidencias experimentales de que, para cierta clase de problemas, los modelos híbridos de computadoras cuánticas (ya sea de annealing o QAOA) podrían desempeñar un papel clave en un futuro cercano, estos están

abordando problemas que actualmente son difíciles de resolver debido a su complejidad en los ordenadores clásicos, tipo knapsack, con un alto número de variables.

Una segunda clase de optimizaciones están tratando de utilizarse en un espacio químico computacional teórico para el diseño de nuevos fármacos, pero también vemos una falta de madurez de HW para conseguir resultados significativos.

Por otro lado, el Quantum Machine Learning es un campo muy interesante en la actual era "NISQ". Se están complementando y mejorando los enfoques clásicos de aprendizaje automático y utilizando las características cuánticas para mejorarlo. El principal desafío aquí es nuevamente la codificación de datos para que los algoritmos cuánticos puedan trabajar con ellos. Un campo emergente de la investigación actual está evaluando un mejor "ansatz" para la parte cuántica. Podríamos decir que eventualmente podemos abordar problemas específicos que producen una mejor calidad en comparación con las redes neuronales convolucionales clásicas.

Las soluciones específicas a medida que integran el control HW y los chips específicos son una forma prometedora de explorar la química cuántica y las simulaciones de materiales en un hardware cuántico.

Aunque, por otro lado, el principal desafío es que no hay un aliciente para fomentar su uso. Otra barrera es la falta de profesionales formados (nativos cuánticos), y la comprensión sólida de las aplicaciones potenciales (lo que se necesita y dónde) y su mercado resultante (quién va a pagar por ello), y por supuesto encontrar casos de uso.

Desde el plano nacional, España debería apostar por un plan para estas tecnologías. De hecho, lo ideal sería que fuera el único plan apoyado por todas las CCAA. Parte de los fondos Next Generation y del plan de recuperación, transformación y resiliencia de la economía española deberían dedicarse a estas tecnologías.

### **El papel de Merck en estas tecnologías y en el desarrollo del talento**

Dentro de Merck hemos desarrollado varios proyectos en este ámbito. Por mencionar algunos, desarrollamos algoritmos para la investigación de materiales en NISQ. Proyecto de simulación de fototoxicidad. Proyecto de investigación BAIQO bajo el patrocinio de la BMBF alemana junto con la LMU Múnich para redes bayesianas cuánticas. Patrocinios de proyectos con TUM Munich para el uso de aplicaciones cuánticas. Proyectos con el Ministerio de Educación e Investigación alemán donde realizamos consultoría y jugamos el

papel de usuario potencial de pilas cuánticas. Y desarrollo como proveedor de material específico para sensores / procesadores cuánticos (por ejemplo, isótopos puros de producción de NV-diamond CVD). También cabe destacar la iniciativa Quantum Computing Task Force (QCTF), que pusimos en marcha hace unos años, como un grupo de trabajo que explora y genera oportunidades en el entorno de la computación cuántica para el mundo 'pharma'. Sabemos que uno de los retos que tiene nuestra industria es reducir los tiempos de desarrollo de medicamentos y creemos que una solución para aligerar estos procesos puede estar en la computación cuántica. Este proyecto es un gran ejemplo de cómo, desde Merck, apostamos por la colaboración y por crear alianzas que nos permitan potenciar estas tecnologías y progresar juntos.

Otro tema que hay que tocar es el de las personas; nunca hay suficiente talento. De hecho, es probable que estemos a pocos años de distancia de los verdaderos "nativos cuánticos", quienes aprenderán a pensar en términos cuánticos desde pequeños. En Merck apostamos por la búsqueda y la retención del talento diverso, es decir, que cuente con diferentes maneras y perspectivas de abordar un reto determinado y, en este punto, las capacidades digitales son, y serán, clave en el futuro.

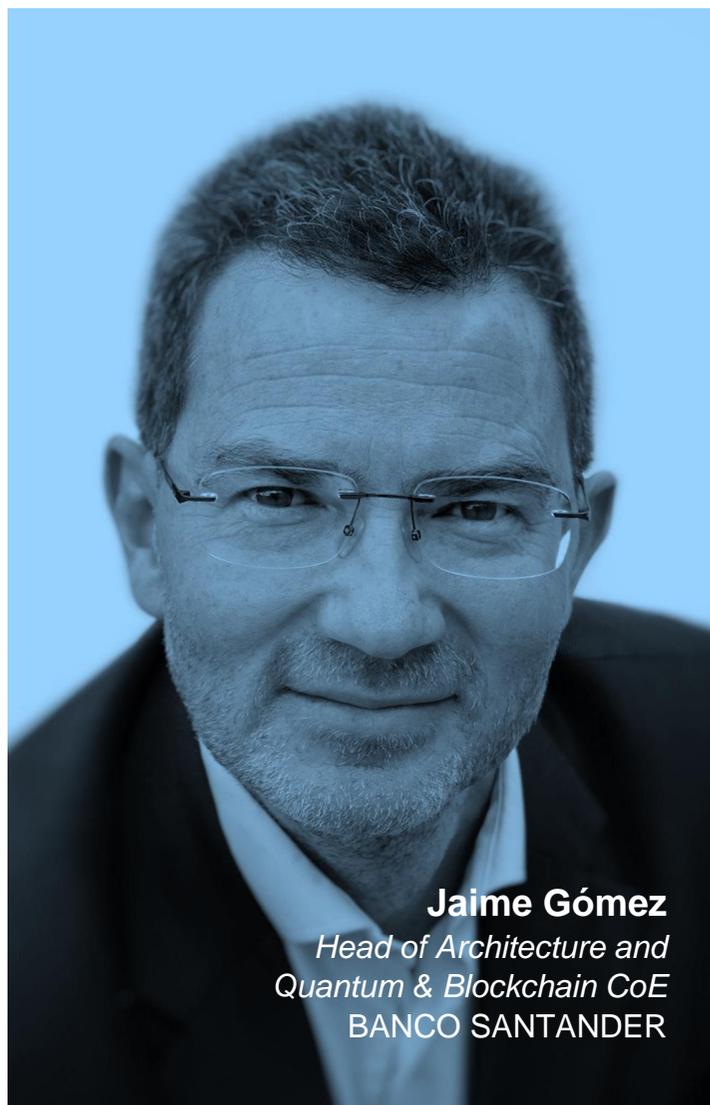
Aunque es cierto que hay un buen progreso en los últimos años en las universidades y un alto porcentaje de estudiantes ya conocen el término "cuántico".

Para ejecutar proyectos cuánticos vemos que hay una comunidad emergente también en el campo de la biología cuántica. Ahora depende de la industria atreverse a encontrar su camino dentro de estas comunidades. Actualmente el campo es más exploratorio y la investigación fundamental está en curso, lo que por un lado es muy atractivo para ser pionero, pero al mismo tiempo en algunos casos no lo suficientemente atractivo como para entrar como una gran corporación.

### **Sobre el papel de AMETIC**

Creo que AMETIC ya está realizando una gran labor para impulsar el conocimiento y adopción de estas tecnologías. La creación de grupos de trabajo y el esfuerzo en dar a conocer estas tecnologías entre los socios son vitales para poder impulsarlo.

Otro foco de desarrollo que se puede impulsar desde AMETIC es el fomento de la búsqueda de casos de uso para poder aplicar estas tecnologías emergentes.



El impacto de las tecnologías cuánticas en el sector bancario es doble.

Por un lado, la amenaza que supone la computación cuántica a la criptografía de clave pública actual tiene el potencial de representar un riesgo para la confidencialidad de la información, la autenticación de personas y fuentes de información, y para la utilidad de las firmas digitales. Un ejemplo podrían ser los sistemas de pagos. Como ha dicho el BIS, la autoridad internacional en el ámbito de pagos, la computación cuántica puede poner en riesgo la confidencialidad y la integridad de los sistemas de pago. Y dada la sensibilidad a largo plazo de los datos financieros, es fundamental abordar este riesgo con suficiente antelación <sup>[1]</sup>.

Diversos análisis fijan la ventana de impacto de la computación cuántica en la criptografía entre 2030<sup>[2]</sup> y 2045<sup>[3]</sup>. El riesgo para la criptografía debe ser resuelto mucho antes de que se materialice y debe ser abordado de manera conservadora. Por tanto, cabe prever que tras la estandarización de la criptografía post cuántica por el NIST <sup>[4]</sup> (2024) y la disponibilidad de productos comerciales adaptados a esos estándares se desarrollará una gran actividad de transición que deberá concluir, como muy tarde, a mediados de la década de 2030. En este sentido, la agencia nacional de seguridad de Estados Unidos, NSA, ha establecido 2035 como fecha límite para haber abandonado completamente la criptografía clásica vulnerable a los ordenadores cuánticos. Pero más importante que eso es que ha establecido 2025-2027 como fecha en la que se debe utilizar por defecto sistemas de criptografía post cuántica para muchas aplicaciones <sup>[5]</sup>.

Por otra parte, cabe la esperanza de que los avances en computación cuántica permitan optimizar determinados cálculos complejos relacionados con procesos relevantes en el sector bancario como optimización de carteras, cálculos de riesgo o detección de fraude. Estas mejoras pueden suponer una mejora en tiempo de cálculo, en la capacidad de abordar problemas más complejos o en una reducción de consumo eléctrico.

No vemos información clara y fiable acerca de cuándo la computación cuántica será útil en escalas prácticas para resolver casos reales del negocio bancario.

No obstante, vemos dos barreras principales para una adopción práctica de las tecnologías cuánticas:

1. Ausencia de información fiable sobre cuándo la computación cuántica será útil en problemas prácticos de producción real.
2. La escasez de talento, en parte motivada por la falta de planes de formación específicos.

Respecto al primer punto, hay que tener en cuenta que los ordenadores cuánticos son una tecnología incipiente, aún en fases tempranas de desarrollo. Al mismo tiempo, está surgiendo un vivo ecosistema de innovación alrededor de la computación cuántica. Algunos actores de este ecosistema generan expectativas que no se ajustan a la realidad, generando así una gran incertidumbre. Esta situación afecta de forma especialmente negativa a la adopción de las tecnologías cuánticas para objetivos de negocio debido a la dificultad de construir casos de negocio fiables. En este sentido, asumiendo que es improbable una autorregulación del sector que evite la generación de expectativas irreales, creemos que sería útil algún mecanismo imparcial que permita valorar los logros reales de las nuevas soluciones para algunos de los problemas más relevantes. Un mecanismo así generaría certidumbre en el lado consumidor de la cadena de valor y la capacidad de planificar una adopción ordenada. Creemos, como indica BCG en su publicación "*The race to quantum advantage depends on benchmarking*"<sup>[6]</sup>, que un modelo de validación fiable es imprescindible para la adopción industrial de la computación cuántica.

De cara a la generación de talento observamos que numerosas universidades en España están desarrollando programas especializados en tecnologías cuánticas. Podría ser útil favorecer la colaboración Universidad-Empresa para hacer que estos programas estén orientados a las necesidades del mercado.

Desde una perspectiva nacional, observamos que diversos países tienen programas específicos de tecnologías cuánticas. En algunos casos presentados públicamente por sus máximos mandatarios (Francia, Alemania).

Las administraciones públicas pueden jugar un papel relevante asegurando la generación y retención de talento en España, favoreciendo la colaboración pre-competitiva de los diversos actores y facilitando los mecanismos para eliminar la incertidumbre que hemos discutido anteriormente.

En Banco Santander trabajamos en las dos vertientes de impacto que hemos discutido anteriormente. En ambas estamos desarrollando una intensa labor de concienciación y divulgación interna.

En el terreno del impacto a la criptografía estamos abordando una estrategia de transición a sistemas criptográficos seguros frente a los ordenadores cuánticos.

En el terreno de la aplicación a problemas de negocio estamos experimentando algunos casos de uso internos que consideramos relevantes y con posibilidades de ofrecer ventajas a corto plazo.

Estas actividades nos permiten profundizar nuestro conocimiento de las tecnologías cuánticas, así como identificar y desarrollar talento interno.

Si bien es cierto que existe talento en tecnologías cuánticas y existe talento con conocimiento de las necesidades reales del sector bancario. Sin embargo, es muy difícil actualmente encontrar perfiles con la combinación de ambas capacidades.

La principal carencia es la de talento que comprenda las posibilidades de las tecnologías cuánticas y, al mismo tiempo, las necesidades reales del negocio bancario. Es frecuente encontrar publicaciones sobre aplicación de tecnologías cuánticas al sector bancario que adoptan un enfoque excesivamente académico, muy alejado de los problemas reales. Es necesario un enfoque colaborativo que permita generar la combinación de ambos conocimientos.

AMETIC está realizando una labor muy valiosa de divulgación y punto de encuentro de los distintos actores de las tecnologías cuánticas en España. Constituye un extraordinario facilitador para la conexión entre academia y empresas de oferta y demanda en un entorno precompetitivo. Adicionalmente representa a la industria española en foros internacionales como el Quantum Industry Consortium y el Strategic Advisory Board del Quantum Flagship de la UE. El "Informe de la España cuántica" es, en sí mismo, una guía útil para definir una estrategia nacional de amplio consenso. Estas acciones son valiosas y deben continuar.

Esta labor podría mejorar, quizá, con el desarrollo y promoción de casos de uso nacionales con utilidad práctica temprana que puedan ser exportables como referentes de las capacidades nacionales en tecnologías cuánticas. El hecho de que AMETIC aglutine empresas de oferta y demanda puede ser útil para establecer objetivos de casos de uso reales y modelos para su validación.

[1] <https://www.bis.org/press/p220617.htm>

[2] <https://eprint.iacr.org/2015/1075>

[3] Gartner - Taking the Quantum Leap Fact, Fiction or Fantasy

[4] <https://csrc.nist.gov/Projects/post-quantum-cryptography>

[5] [https://media.defense.gov/2022/Sep/07/2003071834/-1/-1/0/CSA\\_CNSA\\_2.0\\_ALGORITHMS\\_.PDF](https://media.defense.gov/2022/Sep/07/2003071834/-1/-1/0/CSA_CNSA_2.0_ALGORITHMS_.PDF)

[6] <https://www.bcg.com/publications/2022/value-of-quantum-computing-benchmarks>



**Óscar Pallarols**  
*Global Commercial Director*  
**CELLNEX**

### Una oportunidad única para posicionarnos en las Comunicaciones Cuánticas

El uso de tecnologías cuánticas para las comunicaciones está tomando velocidad. Y Europa no quiere perder esta carrera en la que España cuenta con credenciales suficientes para jugar un papel relevante.

Aunque el ciclo de maduración de la computación cuántica todavía tiene un largo camino por delante, la aplicación de tecnología cuántica en las comunicaciones es ya hoy una realidad. La inteligencia artificial y las nuevas capacidades informáticas pueden resolver los algoritmos de encriptación del contenido cifrado mediante la lógica matemática. Las barreras entre la capacidad de computación y la cadena numérica que protege las comunicaciones ha disminuido haciendo más asequible el trabajo de los hackers.

Dentro de la complejidad, la comunicación cuántica es infinitamente más simple que la computación cuántica y en Cellnex estamos trabajando en una implantación inmediata de esta tecnología para aumentar la seguridad y fiabilidad de los datos y las líneas de comunicaciones y volver a ampliar el gap con los modelos de hackeo.

Recientemente participamos en la primera conexión con criptografía cuántica con tecnología propia en lo que consideramos como el embrión de lo que será la futura red metropolitana en Barcelona y de la prevista infraestructura paneuropea de comunicaciones cuánticas (EuroQCI), en una iniciativa promovida por el ICFO (Instituto de Ciencias Fotónicas).

La prueba piloto se ha realizado a través de una red de fibra óptica punto a punto en una distancia de 30 kilómetros en cuyos extremos se situaron sendas cajas de generación de clave cuántica realizadas por una start-up catalana.

La prueba validó su eficiencia en una serie de ataques cibernéticos programados que hicieron saltar las alarmas y que vienen a validar la tecnología y existencia de un primer producto comercial, aunque todavía es necesario romper algunas de las barreras de adopción.

Entre los gobiernos, las empresas y los desarrolladores tendremos que definir los principios básicos, de contratación, operación, facturación o mantenimiento de estos servicios a priori fundamentales para empresas financieras, utilities, instituciones sanitarias o gobiernos y sus instituciones.

Como país, cumplimos con los requisitos para convertirnos en referentes de un ecosistema de seguridad cuántica que va a ser imprescindible. Tenemos la base de solución con un elenco de científicos privilegiado y su traslación al mercado empresarial. Contamos con

centros de investigación y tecnológicos de primer nivel, desde el mencionado Instituto de Ciencias Fotónicas hasta uno de los mayores centros de supercomputación de Europa y nuestros expertos han participado activamente en la estrategia cuántica europea.

Tenemos además una gran y variada red de corporaciones relacionadas con las telecomunicaciones, las infraestructuras de telecomunicaciones, operadores de satélites e industrias en los ámbitos de defensa, aeroespacial o comunicaciones que garantizan un gran recorrido de las comunicaciones cuánticas.

Contamos también con especialistas en toda la cadena de valor y el gobierno tiene en marcha un programa como el Quantum Spain.

Pero más allá de las ayudas y el impulso a la tecnología, necesitamos empresas que apuesten a futuro, que no busquen el rendimiento inmediato sino la resiliencia y el éxito a largo plazo. Necesitamos también centrar el foco, elegir proyectos que realmente puedan ser diferenciales y que permitan aportaciones de alto nivel, con los esfuerzos centrados en un par de grandes anillos cuánticos en núcleos urbanos, por ejemplo. Y ahí es donde es necesario el apoyo de las asociaciones empresariales y grupos de interés para trasladar el interés común a las autoridades y asegurar la relevancia de España y la optimización del ecosistema tecnológico y de telecomunicaciones que estamos creando en los últimos años.



*“Este fin de semana sale la nueva película de Doctor Strange en el multiverso de la locura”.* Me dijo ayer mi hijo mayor. Es un apasionado de la saga de MARVEL y alguna vez me ha oído hablar de la computación cuántica, así que ya me ha hecho el plan para ponerme al día en el portal al multiverso Marvel. Bueno no está mal: 2 horas de Acción y Aventura.

Hoy en día aparecen muchos conceptos de la computación cuántica en las películas de ciencia ficción, la mayoría de ellos totalmente confundidos en cuanto a su verdadera capacidad. En la mayoría de las películas (también he tenido que ver “Transformers”) las poderosas computadoras cuánticas permiten que la tecnología de inteligencia artificial finalmente despegue y lleguemos a la Singularidad.

Quizás esto llegue en un futuro no muy lejano.

Mientras tanto, algunas de las aplicaciones más importantes de la QC estarán en el campo de los sensores. Bosch es líder mundial en sensores electromecánicos (MEMS). Los sensores cuánticos ampliarán el campo de aplicación de los sensores actuales y queremos seguir siendo líderes mundiales por lo que seguiremos invirtiendo en este campo. QC permitirá nuevos productos, servicios y mejoras en ingeniería, logística, producción, etc.

En Bosch tenemos varios proyectos Quantum de Detección cuántica:

- Magnetómetro cuántico basado en centros NV en diamante: hemos creado una startup para esto: <https://www.bosch-quantumsensing.com/>
- Giroscopio cuántico basado en RMN con gases atómicos

En el caso de Computación cuántica, también trabajamos en el desarrollo de algoritmos de control de calidad para diferentes aplicaciones.

Sin embargo, para la adopción de la computación cuántica tenemos importantes barreras:

1. Encontrar aplicaciones para las que haya un mercado importante a medio plazo.
2. Hacer productos basados en QT que sean pequeños y económicos. En la actualidad la mayoría de los prototipos son de grandes dimensiones no aptos para su comercialización.
3. Aparte de las barreras de siempre con las nuevas tecnologías: encontrar financiación para la I+D de estas nuevas tecnologías o productos/servicios.

Muchos estados miembros de la UE ya tienen programas de financiación específicos para QT.

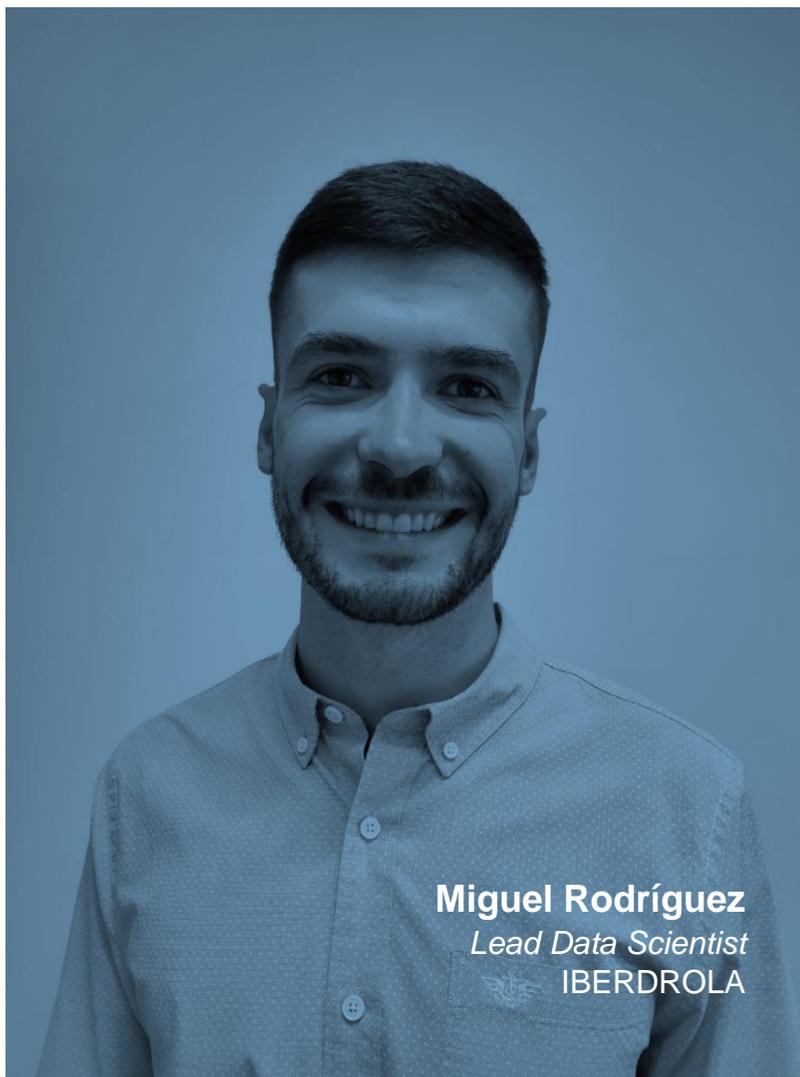
España es muy activa en QT, también a nivel europeo. Vemos esto en la distribución de los miembros de QuIC según los estados. Después de Alemania, España tiene la segunda mayor cantidad de empresas QT como miembros de QuIC.

Habría que abordar un plan específico sobre tecnologías cuánticas en España donde las administraciones públicas actúen como facilitadores de la iniciativa privada.

Dicho plan debería coordinar a las distintas administraciones públicas en materia de ayudas financieras, así como abordar uno de los grandes problemas con que nos encontramos actualmente: la retención del talento español que tiene que marcharse al extranjero por falta de oportunidades aquí. El talento en QT es escaso y la educación y la formación es un tema muy importante.

Lo que las máquinas cuánticas podrán lograr en el futuro aún está por verse, pero no hay duda de que sin la teoría cuántica hoy no existirían ni el láser, ni los semiconductores ni la resonancia nuclear magnética. En la actualidad estamos en los albores de la era de la computación cuántica.

Yo, por si acaso, iré a ver la película de Dr. Strange. No solo para disfrutarla con mi hijo, sino porque igual Marvel sabe algo que a nosotros se nos escapa...



**Miguel Rodríguez**  
*Lead Data Scientist*  
IBERDROLA

La transición energética y la consiguiente descarbonización de la economía, es un objetivo de todos, y en Iberdrola llevamos trabajando desde hace años para conseguir que sea una realidad. Dentro de este gran reto, consideramos que las tecnologías cuánticas pueden desempeñar un papel importante a la hora de conseguir nuestros objetivos.

La integración de nuevas fuentes de generación renovable y de almacenamiento de energía, de manera descentralizada a lo largo de toda la red, suponen un nuevo paradigma de gran complejidad no visto hasta la fecha en la red eléctrica. Creemos que la computación cuántica puede ayudarnos a asegurar la correcta gestión y optimización a gran escala de todos estos agentes en tiempo real.

La simulación cuántica también podría traer relevantes novedades a nuestra área de actividad, agilizando el descubrimiento de materiales con mayor capacidad de almacenamiento de energía o de combustibles más limpios, causando un impacto directo en la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

Nuestro sector dispone de activos de elevada criticidad. Las comunicaciones cuánticas y esquemas criptográficos post-cuánticos, nos ofrecen la promesa de garantizar una correcta y segura operación de éstos, aun cuando los sistemas de encriptación actuales puedan verse comprometidos.

Creemos que quienes lideren el camino tendrán una ventaja competitiva clara, por esta razón en Iberdrola ya hemos lanzado diferentes iniciativas con el objetivo de familiarizarnos con los tipos de problemas que estas tecnologías pueden resolver. Por el momento, nos hemos centrado en problemas de optimización para los que encontramos limitaciones con las tecnologías de cálculo actuales.

Previo al lanzamiento de estas iniciativas, hemos llevado a cabo un exhaustivo estudio de mercado que nos ha permitido tomar conciencia del estado actual de la industria. En este estudio hemos podido comprobar que el hardware, a pesar de evolucionar rápidamente, aún no ha alcanzado el grado de madurez requerido, y necesita de soluciones híbridas para resolver problemas de manera robusta a una escala razonable.

Otra gran barrera de adopción detectada es la escasez de talento en tecnologías cuánticas, de forma que los pocos perfiles que hay son captados por las grandes empresas tecnológicas. Las empresas demandantes de estas tecnologías necesitamos perfiles híbridos, que conozcan el negocio y sean capaces de detectar para qué problemas se pueden aplicar las tecnologías cuánticas y dentro de éstos, distinguir cuales se pueden acometer en el corto, medio y largo plazo.

Dado que la formación actual sobre tecnologías cuánticas se concentra principalmente en estudios de doctorado, la producción de estos perfiles es muy limitada, y de muy difícil acceso para empresas cuya actividad principal no sean estas tecnologías. Por este motivo, consideramos que existe una necesidad de crear otro tipo de programas que permitan la formación en cuántica de personas con estos roles híbridos.

Sin embargo, somos conscientes de que a corto plazo el foco principal en materia educativa sea cubrir la alta demanda de estos perfiles por las empresas tecnológicas. Como alternativa, vemos de manera muy positiva los espacios de colaboración que se están creando a nivel provincial o de Comunidades Autónomas, como por ejemplo Quantum Ecosystem de la Diputación Foral de Bizkaia, donde las empresas dentro del consorcio puedan estar en contacto con personas expertas que les orienten en la elaboración de sus estrategias.

No obstante, echamos en falta una coordinación nacional de todas estas iniciativas. Justamente en este aspecto la función de Ametic puede resultar fundamental, haciendo de punto de encuentro de los actores principales, potenciando el talento e impulsando junto con el Gobierno proyectos nacionales que traccionen el sector y promuevan la creación de un tejido industrial preparado para la revolución cuántica que está comenzando.



**Escolástico Sánchez**  
*Líder de la Disciplina de Quantum*  
BBVA

Las tecnologías cuánticas, especialmente la computación y las comunicaciones cuánticas, tienen, al menos teóricamente, un impacto completamente transformador en el sector financiero. Estos impactos están basados en la capacidad de la cuántica de resolver problemas de tipo exponencial, con muchas dimensiones o variables que hoy en día con la computación clásica no se pueden resolver en tiempo y forma adecuados. En cuanto a comunicaciones, permitirán hacerlas mucho más seguras, llegando incluso a saber con una probabilidad requerida de antemano, si alguien está espiando nuestros mensajes.

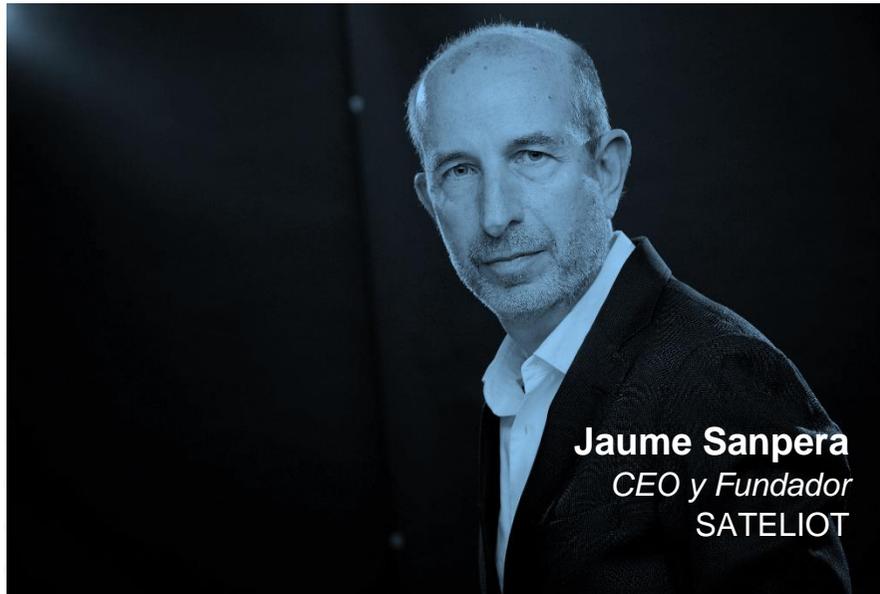
Estos avances teóricos (algoritmos de Shor y Grover, por ejemplo) necesitan ordenadores cuánticos con una capacidad muy grande. Gracias a los avances en ingeniería que han hecho posible manejar y controlar mejor que nunca a las partículas subatómicas, precisamente esas que modelamos regidas por las leyes cuánticas, esos impactos teóricos están cada día más cerca de ser también prácticos y reales. Hay diversidad de opiniones en cuanto a cuándo puede llegar ese momento de aplicación práctica rompedora, y dependerá sobre todo de en qué tipo de problema busquemos una ventaja del enfoque cuántico frente al clásico, para algunos faltan menos de 2 años, para otros, más de 10, pero no hay duda ninguna en cuanto a que el momento llegará.

En cuanto a computación, hay muchas industrias trabajando en encontrar casos de uso en su sector, problemas con una solución cuántica mejor en tiempo, coste o precisión que la clásica, si es que la hubiera. Respecto a comunicaciones, ya se está trabajando en estandarizar nuevos algoritmos y protocolos que se basen en problemas no asequibles a la cuántica para esos intercambios de información seguros (criptografía post-cuántica). También se ha avanzado mucho en dar un paso más, y que los propios canales y protocolos de comunicación sean cuánticos (comunicaciones y criptografía cuántica). Las barreras para esa llegada son barreras de ingeniería, dependiendo del tipo de hardware cuántico subyacente del que hablemos (superconductores, iones atrapados, fotónica...) y también son barreras de talento, la demanda de talento cuántico supera con creces la oferta, formada por licenciaturas generales con mucha componente matemática, física y computacional, pero con escasa especialización en computación cuántica, que necesita una mezcla muy avanzada de esas tres disciplinas.

En BBVA, siendo dos de nuestros valores pensar en grande y el cliente es lo primero, tras analizar los indicadores adelantados de inversión y patentes en tecnologías cuánticas, decidimos que era necesario iniciar una línea de investigación en esta materia en 2018, dentro de nuestro propósito de estar a la vanguardia de la tecnología para brindar a nuestros clientes las oportunidades de esta nueva era cuántica. Siguiendo las fases del método científico, primero recopilamos datos de la mano de nuestras áreas de negocio. Estuvimos buscando problemas cuya solución fuese candidata a tener ventaja cuántica en gestión de activos, gestión de riesgos, banca corporativa y de inversión...sin que nuestro enfoque se centrara en el hardware, puesto que no es nuestra especialidad y no sabemos qué

tecnología subyacente será la que triunfará (por una lado quantum annealers y por otro circuitos cuánticos basados en superconductores, iones atrapados o fotónica), pero siempre con un ojo puesto en el, puesto que su evolución es básica en el hallazgo de la ventaja. Con todos esos posibles problemas, aplicamos filtros de impacto en el negocio y los clientes, así como de factibilidad técnica de las soluciones, para pasar a la segunda etapa del método científico, la formulación de hipótesis. En esta segunda fase, nuestra hipótesis fue que podríamos encontrar esa ventaja en los campos de optimización (de carteras, de procesos....) y de simulación de variables (para valorar derivados complejos, simulando los subyacentes, al tomar media sobre los valores del derivado, o bien, si tomamos percentiles, para evaluar riesgos). Finalmente, en la tercera fase del método, probamos esas hipótesis, con varias pruebas de concepto. Estas pruebas las hicimos una vez más diversificando tanto en hardware como en proveedores, siendo coherentes con nuestro enfoque no centrado en la tecnología subyacente. Como resultado, creemos que la optimización cuántica está muy cercana a tener ventaja sobre la clásica, mientras que para la ventaja en simulación de variables necesitamos tasas de error menores en el hardware, cosa que parece se está alcanzando a muy buen ritmo.

Como última parada en nuestro trayecto a lo largo de estas tecnologías cuánticas, desde 2021, estamos inmersos en un proyecto (CUCO) en consorcio con otras 6 empresas españolas, líderes en sus sectores, para investigar sobre el impacto de la cuántica en cada una de nuestras industrias. Este proyecto es un ejemplo de cómo canalizar fondos públicos a reforzar el avance tecnológico y científico dentro de nuestro país, puesto que está subvencionado en parte por el CDTI dentro de su programa Misiones 2021, con fondos de Next Generation Europe. Con esto además se ha impulsado la creación de empleo dentro del mundo científico, la colaboración con instituciones públicas de investigación y la divulgación de resultados tan necesaria en una fase tan temprana de un avance tecnológico tan rompedor, en la que se hace más necesaria la colaboración que la competencia.



**Jaume Sanpera**  
CEO y Fundador  
SATELIOT

### No podemos quedarnos atrás en la revolución cuántica

El desarrollo de las tecnologías cuánticas es otra de esas carreras de enorme potencial y crecimiento en el que el ecosistema de empresas, pymes y startups españolas interesadas pueden y deben tener un papel esencial. Si tenemos éxito en la creación de una industria potente en este ámbito, nos situaremos en la vanguardia de una tecnología que abre muchas puertas a otras disciplinas y que será, sin duda, uno de los principales motores de la investigación y de la ciencia aplicada en distintas materias.

En el caso de Sateiot se trata de un sector en el que evidentemente nos estamos fijando. Y lo hacemos por un hecho básico que nos pone en el centro de ese interés. El reparto de claves cuánticas sólo se puede hacer a través de satélite, ya que su envío para asuntos relacionados con la criptografía es imposible realizarlo a través de fibra óptica a más de 100 kilómetros de distancia.

Por esta razón se abre ante nosotros un campo de investigación y desarrollo en el que posiblemente lancemos algún producto en un futuro no demasiado lejano. En la actualidad

no esperamos un impacto de lo cuántico en el sector de los satélites, pero si se dan las condiciones y las inversiones necesarias, esto puede cambiar en un horizonte no superior a los tres años.

Para que esto suceda han de producirse una serie de circunstancias. La primera de ellas tiene que ver con la barrera de entrada más fuerte a la que nos enfrentamos ahora mismo, la tecnología. Esta atañe tanto al propio hecho cuántico como a su aplicación en el universo satelital. Por eso el primer paso es conseguir ambas tecnologías y saber conjugarlas, una coyuntura que no será fácil.

Lograr avances en esta materia depende de algunos factores. El primero de ellos, el talento y la capacidad de los investigadores españoles. Y ya lo tenemos. De hecho, en nuestro país está uno de los laboratorios que anualmente encabeza la clasificación mundial sobre tecnologías cuánticas. Se trata del ICFO, el Instituto de Ciencias Fotónicas, que depende de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC).

Ahora bien, para que este laboratorio y el resto de investigadores de nuestro país obtengan avances sustanciales en el mundo cuántico, es primordial que las administraciones públicas trabajen en dos direcciones. Por una parte, en el abordaje de un plan específico sobre tecnologías cuánticas, y por otra, apoyando a la iniciativa privada para que conjuntamente se desarrolle una industria cuántica nacional.

La mejor manera de hacer efectivo este último punto sería a través de la compra pública innovadora. Entiéndase, si tuviésemos un compromiso de uso por parte de las administraciones públicas de una constelación cuántica para encriptación de datos segura, eso haría que la financiación de un plan de negocio por parte de las empresas para su desarrollo fuera muchísimo más fácil de conseguir.

España está, de momento, dando algunos pasos para abrirse camino en este nuevo mundo. Los dos planes con los que el Gobierno pretende impulsar estas tecnologías suponen el punto de partida de un camino que será largo y no exento de dificultades.

El PERTE de microelectrónica y semiconductores y el Plan Complementario de Comunicación Cuántica para reforzar la ciberseguridad a través de la I+D+i son dos instrumentos importantes para ir abriendo brecha.

El primero prevé destinar 1.165M€ en el periodo 2022-27 para desarrollar chips cuánticos. El segundo es más modesto en cuanto a las cantidades a gastar, ya que solo cuenta con un presupuesto de 74M€, de los que el Gobierno aportará 54M€ y el resto lo pondrán las Comunidades Autónomas. Presenta además un problema, puesto que solo contempla

tecnologías cuánticas para satélites que tienen órbitas geoestacionarias y no para los que orbitan a baja altura. La pregunta es ¿por qué se limita a los GEO? Deberíamos abrir ese abanico para que fuese posible utilizar estas ayudas en cualquiera de las tecnologías satelitales actuales. No limitemos la solución antes de saber cuál es la mejor opción.

En la UE contamos con algo más de 1.000M€ para financiar proyectos en computación y comunicación cuántica. Sateliot participa en uno de ellos, llamado Quango, dotado con 2,1M€, un plan de intercambio seguro de información para bancos, agencias de seguridad y gobiernos de todo el mundo.

Son montantes importantes que, sin embargo, palidecen con las que tanto China como Estados Unidos cuentan para liderar este campo. Los primeros ya han gastado 10.000M€ y van a aumentar su inversión en un 7% interanual. Los segundos no quieren quedarse atrás y manejan un presupuesto de 29.000M\$ para invertir en computación cuántica en el periodo 2022-26.

Como vemos, la carrera cuántica está totalmente lanzada y el vencedor se llevará un premio de los gordos. Si España y Europa no aprietan se quedarán fuera de sus futuras aplicaciones, incluida la satelital. Debemos empujar todos: las empresas, las universidades, los centros de investigación, AMETIC, el Gobierno y la UE, para ser protagonistas de la bien llamada revolución cuántica.



En la industria en general, pero de forma más acusada en la de la automoción, incorporar nuevas tecnologías e innovaciones en nuestros procesos y productos forma parte de nuestro ADN.

Desde hace años, hemos observado a la computación cuántica desde una cierta distancia, como algo todavía más vinculado al mundo de la investigación, de las universidades y de la ciencia que al mundo de la industria. Sin embargo, recientemente la atención dentro de la industria con respecto a las nuevas disciplinas de la tecnología cuántica comenzó a aumentar considerablemente.

Así, cuándo este año (de la mano de I3B - Instituto Iberoamericano de Innovación y Aitor Moreno Fernández de Leceta) nos han ofrecido a Mercedes-Benz España la oportunidad de participar en un proyecto de aplicación de la computación cuántica en un entorno industrial, la respuesta ha sido un rotundo "por supuesto, hagámoslo".

Hablamos, simplificando mucho, de tener una capacidad de cómputo que trasciende los límites a los que estamos acostumbrados en la informática tradicional. Podemos compararlo con la diferencia entre la física tradicional y la física cuántica. En la industria, los límites tradicionales son suficientes para muchos o casi todos los procesos. Y aquellas que requieren mayor capacidad de cómputo, buscamos la forma de ejecutarlas con la capacidad actual, simplificándolas mediante programación y soluciones imaginativas.

Todos usamos Data Centers, de Edge Data Centers y capacidades en el Cloud, pero utilizar una computadora cuántica actualmente no está en la cartera normal de una empresa o de un consorcio industrial.

Este último punto ha hecho que tampoco se hayan desarrollado soluciones originalmente diseñadas desde un principio para un entorno de computación cuántica.

Por tanto, el hecho de que tengamos la oportunidad de utilizar un ordenador cuántico para desarrollar una prueba de concepto y probar esta tecnología para nuestros procesos de fabricación es una gran oportunidad que no podemos desaprovechar.

Somos conscientes de que la computación cuántica va a impactar en muy poco tiempo en todos los procesos industriales digitales, y Mercedes-Benz, dado su ADN innovador, no puede permitirse ser un mero espectador de este cambio.

En nuestro caso, hemos elegido el proceso para poder calcular la montabilidad de un coche, teniendo en cuenta que la variabilidad de nuestros productos es gigantesca.

Intento explicarlo un poco más para que se entienda la complejidad que manejamos.

En base al pedido realizado según las configuraciones elegidas por un cliente, calculamos la lista de materiales que necesitamos para poder montarlo. Hablamos de una especie de mecano de más de 4.000 piezas. Pero no solo manejamos una gran cantidad de piezas a ensamblar, también tenemos que considerar posibles modificaciones constructivas, posibles avisos de introducción de modificaciones a piezas, configuraciones exóticas o poco demandadas. En definitiva, manejamos miles y miles de posibles variantes de vehículos. Y nuestro propósito es poder calcular y confirmar que una furgoneta se va a montar sin sorpresas antes de iniciar el proceso logístico y productivo.

Obviamente, contamos con herramientas altamente optimizadas para garantizar este proceso. Pero pensamos que podría ser una buena opción para probar las capacidades de la computación cuántica y comparar sus resultados con los actuales.

En España tenemos la suerte de contar con centros de innovación con talento que están trabajando para difundir en qué consiste la computación cuántica y cómo puede ayudarnos en nuestros procesos de negocio. En este ámbito, las iniciativas innovadoras impulsadas por las administraciones públicas son siempre bienvenidas. Somos una sociedad emprendedora, innovadora, contamos con muchos profesionales formados y sabemos que nuestras administraciones públicas también están alineadas para convertirnos en un país líder tecnológicamente.



INFORME  
**LA ESPAÑA CUÁNTICA**  
AMETIC 2022

**04** **QUANTUM ETHICS**

## Quantum Ethics

La sociedad de hoy en día es, más que nunca, consciente de la importancia de la ética. La seguridad psicológica o la sostenibilidad son parte de las iniciativas de sociedades de todo el mundo.

En este contexto, las compañías no pueden ver la ética como un extra, como un *nice-to-have*: la ética es la base de cualquier negocio sostenible y rentable a largo plazo. De hecho, aquellas que no pongan sólidos principios éticos en la base de todas sus actividades, acabarán desapareciendo. [Enron](#)<sup>[1]</sup> o [Lehman Brothers](#)<sup>[2]</sup> son dos ejemplos paradigmáticos.

La última revolución tecnológica, la de la inteligencia artificial, nos ha demostrado que las tecnologías disruptivas son especialmente susceptibles en este aspecto. Por un lado, nos han traído increíbles beneficios, como la asistencia a personas con diversidad funcional o para la búsqueda de sesgos en diferentes ámbitos de RRHH en las compañías. Sin embargo, también han tenido consecuencias imprevistas, como este caso de [Facebook](#)<sup>[3]</sup>, el cual tuvo una gran repercusión.

Las tecnologías cuánticas están en rápida evolución, y su inmensa capacidad de impacto y de transformación que se les augura merecen calificarlas de tecnologías revolucionarias. Es importante conseguir “*conciencia sobre lo cuántico*”, identificar bien los potenciales riesgos y establecer un marco de sensibilidad ética y legal que acompañe al desarrollo de dichas tecnologías.

De las diferentes tecnologías cuánticas, sin duda es la computación cuántica es la que más atención mediática genera y la que previsiblemente mayor impacto tenga en cuantas aplicaciones futuras y

el impulso que puede generar a tecnologías actuales como la IA. Algunos hablan incluso de super inteligencia artificial e incluso de seres artificiales autónomos. Desconocemos el tiempo y el impacto final que pueda tener, pero, aunque solo la mitad de lo que podamos imaginar pueda llegar a realizarse, la necesidad de un control social responsable parece una necesidad que no deberíamos demorar.

En este sentido, y ligado con la IA, no partimos de cero. Diferentes instituciones académicas y gubernamentales han realizado investigación y propuestas en el área de la ética de IA. Y en el caso que nos ocupa bien podría ser los elementos sobre los que fundamentar las bases de la ética cuántica. Entre los principios que deberían guiar el marco ético, y que debería nutrir al sistema legal y regulatorio, podemos encontrar valores como la Libertad, la Justicia, la Dignidad, la Seguridad, la Sostenibilidad, la Privacidad, la Confianza, el Acceso Igualitario y la Neutralidad de la Red.

En el caso de las tecnologías cuánticas, no podemos esperar y cometer los mismos errores, hemos de adelantarnos. Existe, por tanto, la urgente necesidad de definir un marco ético para las tecnologías cuánticas, que nos proporcione herramientas para prevenir posibles problemas y ayude a potenciar su máximo desarrollo para beneficio de toda la sociedad.

Diferentes organizaciones ya han comenzado a desarrollar marcos éticos, tanto de forma global en ciencia y tecnología, como el caso de la *World Commission on the Ethics of Scientific Knowledge and Technology* (COMEST) de la UNESCO<sup>[4]</sup>, como enfocados a las tecnologías cuánticas, como el informe sobre *Quantum Computing Governance Principles* del World Economic Forum<sup>[5]</sup>.

Encontramos una interesante recopilación de principios guía y de riesgos identificados en este artículo<sup>[6]</sup>. Entre los principios guía se menciona el respeto a los derechos humanos y dichos derechos respecto a las máquinas, el respeto a la propia autonomía y libertad humana, la producción de un desarrollo tecnológico en tecnología cuántica y sus sinergias con otras tecnologías desde estándares éticos y valores morales universales con sensibilidad cultural, teniendo en cuenta los valores anteriormente mencionados, aplicando la tecnología cuántica con la garantía a través de estándares, auditorías y certificaciones que aseguren la seguridad e integridad de las personas, y otros tantos que vale la pena revisar y tener en cuenta.

En dicha referencia también se lista una serie de riesgos como el desequilibrio, la monopolización de IP (Propiedad Intelectual), la potencial afectación en el sistema económico financiero, los concernientes a la privacidad de los datos, la seguridad y confiabilidad en los mismos, el uso inadecuado de la encriptación o de las tecnologías visuales, el riesgo medioambiental e incluso la extinción de la propia raza humana entre otros.

## Ética y cuántica: aspectos clave

La ética cuántica pide a los humanos que actúen de forma virtuosa, ateniéndose a las normas de práctica y conducta ética establecidas por la comunidad cuántica, y que se aseguren de que estas acciones tienen consecuencias deseables, siendo la segunda de mayor rango en caso de que entre en conflicto con la primera:



## Riesgos imprevistos y consecuencias no deseadas

El principal reto de la ética en cuántica es la definición de un marco ético en una tecnología en la que aún no podemos prever ni todo su potencial ni sus aplicaciones. A partir del desarrollo actual, podemos identificar riesgos en ámbitos tan variados como:

- Ciberseguridad
- Inteligencia artificial, *data harvesting* y privacidad
- Aplicaciones militares
- Edición genética
- Materiales emergentes

Es decir, por un lado, estaríamos corriendo el peligro de acentuar problemas ya existentes y, por otro, el de no saber aún identificar cuáles serán los nuevos retos éticos derivados de la cuántica.

## Inclusión tecnológica

En cualquier revolución tecnológica, se crea una asimetría entre los que tienen acceso a ella y los que no. Y mientras más avanzada es la tecnología en cuestión, como es el caso de las tecnologías cuánticas, esa asimetría empeora. Por otro lado, una mayor accesibilidad y *knowledge sharing* son la base fundamental para conseguir llegar al máximo potencial de cualquier tecnología.

Así pues, es necesario democratizar el acceso a estas nuevas tecnologías para asegurar un máximo desarrollo, ligado al máximo beneficio social. Para ello, gobiernos y compañías han de tener una serie de mecanismos a su disposición, como regulaciones, ayudas, subvenciones y otras políticas, que pueden acelerar esa accesibilidad.

## El gobierno ambiental, social y corporativo (ESG)

En este nuevo contexto en el que vivimos, tanto para las compañías como para los inversores, la rentabilidad sin más ya no es suficiente. El ESG es un enfoque para evaluar la implicación y responsabilidad con respecto a valores ambientales y sociales en el desarrollo y funcionamiento de una compañía.

Por lo general, los objetivos defendidos dentro de una perspectiva ESG incluyen trabajar para lograr un determinado repertorio de objetivos ambientales, así como un conjunto de objetivos que tienen que ver con el apoyo a ciertos movimientos sociales, y un tercer conjunto de objetivos que tienen que ver con la incorporación de manera coherente los objetivos de movimiento de diversidad, equidad e inclusión.

## Ética y cuántica: acciones clave

Los aspectos clave detallados en este informe son, a la vez, una llamada a la acción. Hemos de asegurar el impacto necesario de la mano tanto de los gobiernos e instituciones como de las compañías.

<b>1</b> Estudio constante de los riesgos y consecuencias	<b>2</b> Divulgación y educación	<b>3</b> Implementación de los principios ESG	<b>4</b> Marcos jurídicos y normativas
--	-------------------------------------	--	---

## Estudio constante de los riesgos y consecuencias

Esta acción se concreta en las siguientes actividades:

- Monitorización y prospectiva de las tecnologías cuánticas, accediendo a fuentes internas y externas (informes, noticias, expertos, etc.).
- Identificación de las principales implicaciones éticas y sus riesgos, partiendo de los resultados obtenidos en la monitorización y prospectiva.
- Determinación de medidas de mitigación para los riesgos identificados.

## Divulgación y educación

Las acciones clave relativas a divulgación y educación son:

- Difusión de la importancia de la ética en las tecnologías cuánticas, con foco en sus implicaciones, riesgos y consecuencias inintencionadas.
- Elaboración de materiales divulgativos (white papers, artículos, podcasts, etc.)
- Realización de sesiones formativas sobre la intersección de la ética y las tecnologías cuánticas.
- Participación en conferencias, simposios, seminarios, etc. dónde transmitir los principios éticos relacionados con las tecnologías cuánticas, casos de estudio, casos prácticos, lecciones aprendidas, etc.

## Implementación de los principios ESG

- Determinación de los principios ESG que se deben implementar en la organización.
- Creación de los comités y esquemas de gobierno ESG (tipos de comités, agenda, periodicidad, jerarquía de comités, asistentes, etc.)
- Monitorización y seguimiento de la normativa. Aseguramiento de su cumplimiento.
- Involucración de las partes interesadas en estos principios.
- Construcción de hojas de ruta y marcos. Implementación de los mismos.

## Marcos jurídicos y normativas

Los tres aspectos clave definidos nos llevan a la urgente necesidad de la creación de marcos jurídicos y normativas que aseguren que las tecnologías cuánticas lleguen a su máximo desarrollo para beneficio de toda la sociedad.

Desde un punto de vista deontológico, la definición de un marco normativo estructurado y estandarizado nos ayudaría, al menos, a tener presentes todas las implicaciones éticas, legales, sociales y políticas (marco ELSPI) a considerar.

Hay quien podría pensar que tenemos tiempo para pensar en todas esas cosas, puesto que la tecnología aún está en sus primeros tiempos de desarrollo, pero precisamente por eso estos son los momentos más efectivos, cuando la nueva tecnología aún no ha alcanzado su madurez, para pensar y organizar un marco ético, legal, de implicación social que

ordene y guíe dicho proceso de maduración, que permite maximizar sus potenciales beneficios y minimizar, si no eliminar, los riesgos identificados.

Esto implica la necesidad de articular mecanismos tanto a nivel público como privado que aborden la cuestión de la ética cuántica, que mitiguen los riesgos y consecuencias que aún no somos capaces de ver. Y, como decíamos, la clave será no ir por detrás del desarrollo de la tecnología cuántica, como ha sucedido en tantos otros casos. Debemos ir por delante.

[1] Caso Enron: <https://es.wikipedia.org/wiki/Enron>

[2] Caso Lehman Brothers: [https://en.wikipedia.org/wiki/Lehman\\_Brothers](https://en.wikipedia.org/wiki/Lehman_Brothers)

[3] Caso Facebook: <https://www.forbes.com/sites/edwardsegal/2021/09/04/facebook-apologizes-for-embarrassing-mistake-caused-by-ai/?sh=c9a8c25846bd>

[4] Comité de ética en ciencia y tecnología de la UNESCO: <https://en.unesco.org/themes/ethics-science-and-technology/comest>

[5] Informe sobre ética y cuántica del World Economic Forum:

[https://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Quantum\\_Computing\\_2022.pdf](https://www3.weforum.org/docs/WEF_Quantum_Computing_2022.pdf)

[6]: [https://vjolt.org/blog/establishing-legal-ethical-framework-quantum-technology#\\_ftn39](https://vjolt.org/blog/establishing-legal-ethical-framework-quantum-technology#_ftn39)

--

Otros enlaces de interés no directamente referenciados:

[https://www.ey.com/en\\_uk/emerging-technologies/why-innovation-leaders-must-consider-quantum-ethics](https://www.ey.com/en_uk/emerging-technologies/why-innovation-leaders-must-consider-quantum-ethics)

<https://physicsworld.com/a/why-we-need-to-consider-the-ethical-implications-of-quantum-technologies/>



INFORME  
**LA ESPAÑA CUÁNTICA**

AMETIC 2022

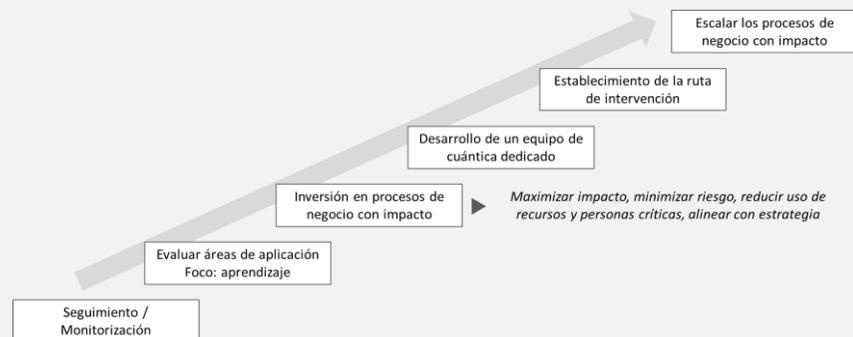
**05** ¿QUÉ PUEDE HACER  
MI EMPRESA?

## ¿Qué puede hacer mi empresa? ¿Qué papel puede jugar AMETIC?

### Cinco recomendaciones particulares para la adopción de la cuántica en las organizaciones

El grado de desarrollo del mercado de cuántica tanto desde la perspectiva de productos y servicios como del ecosistema de oferta es todavía incipiente, por lo que la capacidad de adopción por parte de organizaciones usuarias de estas tecnologías es muy limitada. Se sintetizan a continuación las cinco recomendaciones particulares más significativas para aquellas organizaciones que se estén planteando su adopción en el contexto actual de estas tecnologías.

- 1) Roadmap de adopción.** Las organizaciones deben establecer su ruta de adopción idónea, cubriendo las etapas de monitorización y seguimiento, evaluación de áreas de aplicación con mayor lógica, inversión en Casos de Negocio con impacto, desarrollo de capacidades propias en cuántica y el establecimiento de la ruta de progreso continuo.



- 2) Actuar en el desarrollo de competencias.** El proceso de modernización de la organización con este tipo de tecnologías tiene que producirse simultáneamente con el desarrollo de las competencias adecuadas en sus profesionales, que son quienes pueden imbricarlas en los procesos de negocio particulares y explotar diferencialmente su potencial a medida que se desarrollen.
- 3) Cooperación abierta.** Las organizaciones pueden apoyarse en los agentes locales de conocimiento y en el propio ecosistema para acelerar este proceso de adopción y para maximizar impacto en la propia organización, minimizar el riesgo y reducir uso de recursos y personas críticas propias en este proceso.
- 4) Generosidad para la eficacia y la eficiencia.** El esfuerzo y el conocimiento que se requiere en el desarrollo de soluciones con impacto en cuántica es enorme. Algunas organizaciones cuentan con más medios y recursos, y pueden favorecer la compartición de conocimiento, activos y experiencias para que, progresivamente, el conjunto del sistema productivo progrese redundando finalmente en la mejora de estas aproximaciones para toda la sociedad. La participación en redes, asociaciones y otros instrumentos similares, como mecanismos muy bien valorados para el aprendizaje en la materia, permiten a las entidades participantes beneficiarse de las experiencias y conocimiento desarrollado por el conjunto de la comunidad.
- 5) Sin liderazgo no hay nada que hacer.** En un contexto organizativo en donde la tecnología cobra cada vez más protagonismo, el panorama de responsabilidades y gestión de las diferentes disciplinas y capacidades es cada vez más complejo. Por ello, resulta vital disponer de la capacidad en las organizaciones para aunar los intereses de los equipos y unidades de negocio, a veces divergentes, y de favorecer que los esfuerzos conjuntos en materia de innovación tecnológica se conduzcan de manera duradera hacia el propósito o misión de la organización.

## Vías de financiación de las tecnologías cuánticas

Siguiendo con las actuaciones previstas en la agenda España Digital 2025 y su extensión la Agenda España Digital 2026, recientemente en nuestro país se han definido y se están articulando ya una serie de mecanismos de financiación específicos para las actuaciones en materia de computación y comunicación cuántica. Es un hecho que la inversión tanto pública como privada se está incrementando notablemente respecto a los inmediatos años pasados.

En nuestro entorno europeo, incluyendo estados miembros y asociados, varios países cuentan asimismo con programas de apoyo específicos para la cuántica: Israel, Reino Unido, Austria, Dinamarca, Alemania, Francia, Holanda, por mencionar algunos. Mientras que en otros países las oportunidades para la cuántica se reducen a programas más generalistas o a esquemas *bottom-up*, y en algunos casos se está estudiando la posibilidad de crear un instrumento de apoyo específico a la I+D+i en cuántica.

Es destacable el caso de Reino Unido y su Programa Nacional de Tecnologías Cuánticas, que ha invertido 400M£ en el periodo 2014-2019 y planea una siguiente fase orientada a la comercialización de estas tecnologías.

Con el objetivo de ayudar a las empresas españolas a acceder a estos mecanismos de financiación, y poder desarrollar proyectos en tecnologías cuánticas, a continuación, se indexan los programas de financiación, tanto nacionales como internacionales dedicados a esta materia, o que podrían usarse para financiar proyectos en este campo.

## Oportunidades nacionales

- Proyectos IDI
- Misiones
- Neotec
- Programa tecnologías aeroespaciales
- FEDER Interconecta
- PERTE Aeroespacial
- PERTE Chip
- Quantum Spain
- Gipuzkoa Quantum
- Planes complementarios
- Redes IA + THDs
- Agrupaciones Empresariales Innovadoras
- Proyectos IDi en líneas estratégicas
- Proyectos en colaboración público-privada

## Oportunidades internacionales

- QuantERA
- Quantum Flagship
- Programa Europa Digital
- Horizonte Europa
- Partenariados europeos
- Eureka
- Connecting Europe Facility
- Fondo Europeo de Defensa
- Erasmus

En el Anexo dispone el lector de un mayor detalle sobre cada uno de los distintos programas de financiación.

## El papel de AMETIC

AMETIC es la voz de la Industria Digital que representa a más de 300 asociados directos. Nuestra estructura se divide en Comisiones y Grupos de Trabajo que abarcan múltiples temáticas y sectores como, por ejemplo, las Smart Cities, Cloud Computing, Inteligencia Artificial y Big Data, Industry 4.0, Movilidad, Microelectrónica, Blockchain, Ciberseguridad, Digital Skills y Talento, Agenda 2030, entre otros.

Con el objetivo de liderar el impulso y creación del ecosistema nacional de cuántica, AMETIC, a través del **Grupo de Trabajo de Tecnologías Cuánticas**, bajo el paraguas de la Comisión de Innovación, reúne el interés de empresas líderes en España con un claro enfoque aplicativo, de innovación, aceleración y transferencia en casos de uso. Este Grupo de Trabajo está integrado por 50 entidades entre empresas privadas y centros tecnológicos de oferta y demanda, con los siguientes objetivos:

- Investigar el uso y aplicación de las tecnologías cuánticas para acelerar una transformación sostenible y ayudar a alcanzar el European Green Deal y los Objetivos de la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible.
- Construir un posicionamiento de las tecnologías cuánticas basado en un consenso público-privado, para compartir con la industria y la administración a escala nacional y europea.
- Apoyar la participación de empresas españolas en el Consorcio Industrial Europeo QuIC y el QT Flagship, y otras iniciativas internacionales.
- Posicionar a Europa como líder mundial en cuántica.
- Contribuir a la expansión del mercado europeo de cuántica: actuando como “hub” para las compañías cuánticas y sus clientes, con objeto de adoptar y promover los mercados y activar la demanda.

- Dinamizar la generación de proyectos, la estandarización y aplicación de la cuántica española y europea en mercados finalistas, como la automoción, la banca y finanzas, la ciberseguridad, aeronáutica o salud/farma, los cuales manifiestan un creciente interés en esta tecnología.
- Sacar provecho de las capacidades españolas en la academia, investigación y el talento relacionado con la cuántica, conectándose al tejido empresarial y los mercados.
- Lanzar actividades para animar y activar el mercado nacional de cuántica, por ejemplo, mediante la reedición del informe [“La España cuántica: Una aproximación empresarial”](#).
- Promover iniciativas para generar vocación profesional y la formación adecuada para responder a las próximas demandas de empleo y talento requeridos en el ámbito de las tecnologías cuánticas.
- Conseguir sensibilizar a la sociedad y administración sobre la importancia, aplicaciones y beneficios de las tecnologías cuánticas.

AMETIC es la única asociación empresarial participando en el Strategic Advisory Board de la Comisión Europea y es miembro del QuIC (Quantum Industry Consortium), asociación a nivel europeo, siendo representantes del capítulo nacional. Recientemente también nos hemos incorporado al grupo de trabajo del CTN 071/SC14 “Tecnologías Cuánticas” de UNE.

Desde AMETIC creemos que la era cuántica no sólo se está iniciando, sino que se está acelerando considerablemente, y queremos ser el elemento catalizador en España.



INFORME  
**LA ESPAÑA CUÁNTICA**  
AMETIC 2022

06

# BASES PARA LA ESTRATEGIA ESPAÑOLA EN TECNOLOGÍAS CUÁNTICAS

## Bases para una estrategia española en tecnologías cuánticas

Cuántica es posiblemente la única disciplina científica actualmente en desarrollo que tiene el potencial de transformar radicalmente muchos ámbitos de nuestra sociedad. La promesa de las tecnologías cuánticas es otorgar la supremacía en determinados campos claves de la Transformación Digital: Inteligencia Artificial, optimización, protección de las comunicaciones, detección hipersensible, metrología de ultraprecisión, etc. Su rol para resolver los grandes desafíos relacionados con la salud, el medioambiente, la energía, el transporte, la seguridad o la industria será impresionante. En un mundo cada vez más interconectado, automatizado y complejo, quienes dominen estas capacidades ejercerán un potente control sobre el mercado y marcarán el futuro. Como se señala desde el Quantum Flagship, *“la soberanía sobre estas tecnologías se convertirá en el elemento fundamental para el futuro desarrollo económico y la autodeterminación digital de las sociedades”*.

Cuando se empiecen a desplegar plenamente todas estas capacidades, dentro de unos 5 años, cambiarán completamente las reglas de juego y no es una opción a la que se pueda renunciar. Para ser relevantes entonces es preciso establecer los cimientos ahora. Las organizaciones van a necesitar desarrollar una combinación de talento singular y compleja para crear aplicaciones con impacto. La combinación de conocimiento y habilidades de aplicación que se requiere en estos campos es muy difícil de generar y copiar, y precisa de un tiempo de capacitación y consolidación aún más intenso y sostenido que en otras disciplinas próximas, como, por ejemplo, lo que ha supuesto la IA.

Debido a esta importancia vital, cerca de una veintena de países han puesto en marcha en estos últimos años estrategias nacionales específicas en cuántica con actuaciones e inversiones extraordinarias <sup>[1]</sup>.

España ha desarrollado capacidades en determinados ámbitos de la transformación digital con nítido impacto positivo para la industria, las administraciones públicas y, progresivamente, para el conjunto de la sociedad. Cuenta con fortalezas y talento para aprovechar nuevas oportunidades. Sin embargo, en unos contextos en los que los desarrollos no son lineales sino exponenciales, los desafíos para mantener *momentum* y la posición competitiva relativa son enormes. Toca redoblar los esfuerzos en el desarrollo y adopción de nuevas tecnologías como la cuántica, tanto con medidas incrementales en el *“business as usual”* como con medidas más audaces que supongan, como país, un impulso diferencial y la superación de determinadas brechas que las aproximaciones incrementales no serán capaces de cubrir.

El objetivo de una estrategia española en tecnologías cuánticas es impulsar la competitividad y diferenciación de las empresas y entidades públicas a través de la incorporación, adopción y asimilación temprana e intensa de tecnologías cuánticas -en combinación con otras tecnologías- en sus productos, servicios y procesos internos que revierta en un impacto social y medioambiental positivo para el conjunto de la sociedad.

*“El acento no está tanto en especializarse en aquello en lo que se destaca sino en, y más con el cambio tecnológico, ser capaz de evolucionar en las cosas en las que uno es bueno. La clave está en la búsqueda de esas transformaciones factibles.”*

**-Ricardo Hausmann.**

La oportunidad es doble: posibilitar esta transformación de los sectores productivos (y de las propias instituciones) y hacerla aprovechando las capacidades existentes en el territorio y con las que se puedan generar.

Si bien, como estrategia país, tanto una aproximación incremental como una más audaz tienen ese mismo objetivo, se trata de analizar claves y

proponer modelos complementarios al actual que permitirían crear nuevas condiciones favorecedoras y aprovecharlas para lograr este objetivo con aún más eficacia y eficiencia. Consideramos que para el desarrollo de estas condiciones se precisa un nuevo modelo, con nuevos instrumentos y nuevas formas de trabajo entre los agentes alrededor de las tecnologías cuánticas y relacionadas, pues son condiciones que difícilmente se podrían lograr con una mejora o progresión meramente incremental sobre el modelo actual. Haciendo las mismas cosas de la misma manera no se conseguirá impulsar un mercado diferencial de cuántica, aunque incrementemos en un porcentaje significativo la intensidad y productividad en el sistema actual. Construir estas condiciones favorables requiere de un esfuerzo considerable en términos de inversión, orquestación y liderazgo.

Podemos maximizar las opciones de éxito si aprovechamos inteligentemente las oportunidades desde nuestros activos y fortalezas, y si creamos las condiciones favorecedoras para ello.

## Condiciones favorecedoras

Una estrategia en cuántica requiere de nuevos instrumentos y nuevas formas de trabajo entre los agentes públicos y privados alrededor de las tecnologías cuánticas que sirvan para desarrollar unas condiciones favorecedoras que difícilmente se podrían lograr con una mejora o progresión meramente incremental sobre el modelo actual. Si mejoramos en los siguientes elementos, en gran medida interrelacionados, conseguiremos estar en el mapa de la cuántica:

- Visibilidad del ecosistema español en el escenario global y, especialmente, en el europeo.
- Articulación en esta disciplina entre los agentes existentes en el territorio.
- Sensibilización, creación y movilización de la demanda.
- Aceleración del ecosistema empresarial de oferta.
- Generación de entornos de experimentación y pilotaje realistas.
- Implantación de proyectos estratégicos.
- Soporte a investigación “deep” y no finalista.
- Retención y desarrollo de talento cuántico: garantizar el acceso y desarrollar habilidades cuánticas a nivel nacional.
- Consolidación de redes abiertas y bien conectadas.

## Visibilidad del ecosistema español en el escenario global

España es un país de 47 millones de personas en un mundo de 7.500 millones o en una Europa-27 de 500 millones. Necesitamos concentrar y coordinar todos los esfuerzos de posicionamiento relacionados con este ámbito o nos diluiremos. Se precisa de una “marca país” y referencias que sirvan para que el ecosistema cuántico se haga visible para acceder a las oportunidades, algunas de ellas señaladas en este documento (Quantum Flagship, Horizon Europe, Digital Europe) y a otras nuevas que aparecerán.

### Recomendaciones:

- Impulsar iniciativas coordinadas de alto impacto.
- Promover la colaboración internacional para ayudar a crecer y desarrollar oportunidades para el sector español, y proteger las capacidades de España.
- Potenciar y facilitar la participación española en foros, eventos y redes internacionales en la materia.

## Articulación entre los agentes

Se precisa articular a todos los agentes activos en el ámbito de las tecnologías cuánticas para orientar, alinear y coordinar actividades, inversiones... y explotar las sinergias de la colaboración entre ellos. Por otro lado, la clave de éxito está en la integración óptima de las capacidades técnicas de la cuántica orientadas a determinados procesos de negocio de los dominios de aplicación final. Una mayor articulación permitiría simultáneamente una mayor especialización y diversidad, posibilitando más hibridaciones de capacidades cuánticas y facilitando su traducción a dominios concretos de aplicación. También, el desarrollo de aplicaciones de cuántica requiere de herramientas y prácticas comunes de investigación, experimentación, desarrollo y puesta en explotación: plataformas, laboratorios, librerías, entornos de desarrollo... Un escenario más articulado posibilitará la compartición y reutilización, incrementando la eficiencia de los recursos.

### Recomendaciones:

- Desarrollo de marcos, programas de trabajo e instrumentos de financiación a largo plazo que permitan conectar al conjunto de los agentes “extremo a extremo” (desde el conocimiento al mercado) para fortalecer las redes de valor de los ámbitos prioritarios para la industria nacional.
- Desarrollar una Agenda de Investigación e Innovación específica al contexto, fortalezas y oportunidades propias del ecosistema nacional, compatible con las estrategias RIS3 de las Comunidades Autónomas.
- Promover actuaciones coordinadas a largo plazo entre los agentes, incluyendo los agentes públicos responsables de las políticas relacionadas (I+D+i, educación, compra pública, etc.) en los distintos niveles de la Administración.
- Fortalecer mecanismos y agentes para cubrir los gaps existentes entre la generación de conocimiento y su aplicación comercial en el mercado.

## Sensibilización, creación y movilización de la demanda

Una demanda exigente en productos y soluciones basados en tecnologías cuánticas es lo que mejor contribuye a generar unas capacidades excelentes en el ecosistema nacional. Se requiere sensibilizar y movilizar la demanda para acelerar adoptadores tempranos de soluciones cuánticas. El papel de los agentes públicos en este sentido es crucial. Se deben intensificar y extender mecanismos e instrumentos para la compra pública de tecnología innovadora desde entidades públicas que sirva de apoyo a esta nueva temática, para compensar el déficit de mercado y acelerar la generación de capacidades en el ecosistema de oferta.

### Recomendaciones:

- Extender los mecanismos de compra pública innovadora y contratación pública para favorecer adoptadores tempranos en el sector público, sus instituciones y agencias, facilitando el acceso a PYMEs especializadas y a las empresas de nueva creación.
- Creación de marcos para la promoción y generación de soluciones tempranas conectando oferta y demanda.

## Aceleración del sector empresarial de oferta, el ecosistema español en cuántica

Para maximizar el impacto de estas tecnologías en el tejido económico y en la sociedad se precisa un sector activo que aproveche los desarrollos tecnológicos y los implantes de manera industrializada en el mercado. El segmento empresarial especializado en esta labor es fundamental, que puede consistir en las empresas establecidas del ámbito de la oferta TIC que incorporan esta nueva propuesta de valor, sean nacionales o globales, o en nuevas empresas o startups focalizadas en este campo. Es lo que constituye el núcleo del ecosistema nacional de tecnologías cuánticas. El desarrollo de este sector es lo que permite la multiplicación y difusión de las aplicaciones y soluciones cuánticas al conjunto de la sociedad.

### Recomendaciones:

- Fomentar la convergencia entre las empresas de desarrollo en tecnologías cuánticas y emergentes a través de las prioridades nacionales clave (RIS3) y el desarrollo de oportunidades para que esta convergencia tenga lugar.
- Apoyar el desarrollo de infraestructuras y tecnologías claves para la soberanía nacional en esta disciplina de conocimiento.
- Acelerar la creación y facilitar la hibridación de start-ups en la materia con demandantes potenciales de productos y soluciones en tecnologías cuánticas.

## Implantación de proyectos tractores

La articulación y la generación de un entramado denso alrededor de la cuántica facilitarían la atracción de proyectos tractores externos e iniciativas globales que puedan implantarse en el territorio. Se tienen que activar, además, mecanismos para la búsqueda sistemática y consolidación de estos proyectos. La implantación de proyectos relevantes que supongan una demanda sofisticada repercute directamente en la excelencia del sistema. Y suponen al mismo tiempo otro componente para la retención de talento.

### Recomendaciones:

- Asegurar la colaboración efectiva alrededor de iniciativas de calado o proyectos tractores clave para el desarrollo de tecnologías y soluciones cuánticas.
- Utilizar los grupos de trabajo tecnológicos emergentes, enmarcados en marcos de colaboración público-privada.

## Entornos de experimentación y pilotaje

Cualquier estrategia de fortalecimiento del ecosistema de cuántica debe contemplar el acceso a capacidades de experimentación en sus diversas variantes, computación, comunicación o sensórica y metrología. Los equipos de trabajo precisan de este tipo de entornos para validar algoritmos, hacer pruebas de dispositivos, experimentar con nuevas aproximaciones, etc. Y por el contexto académico y empresarial en este campo de conocimiento, todavía limitado, tanto las características como el acceso a entornos de experimentación resultan escasos. Se requiere generar este tipo de entornos de experimentación que sean fáciles de interconectar y que proporcionen la accesibilidad adecuada para hacer pilotos.

### Recomendaciones:

- Facilitar el acceso a instalaciones, infraestructuras y entornos de experimentación relevantes. Se debería fomentar, en particular, el acceso a la cuántica para las PYME y las empresas emergentes, a fin de garantizar que la tecnología cuántica sea accesible.
- Reducción de barreras para la compartición e interconexión de infraestructuras de experimentación y pilotaje.

## Soporte a investigación e innovación “deep” industrial

Los sistemas e instrumentos existentes de financiación a la I+D+i y adopción tecnológica habituales en España son posiblemente válidos para muchos proyectos en el contexto de las tecnologías cuánticas. Sin embargo, estos mecanismos existentes no favorecen aproximaciones de investigación “deep tech” de alto riesgo (para las que no hay todavía una demanda clara). En un contexto con desarrollos tan vertiginosos como en cuántica, algunas de sus potencialidades son todavía inciertas. Esto hace que las propuestas en esta temática no puedan competir en los marcos habituales de I+D+i con las de otras tecnologías más maduras y consolidadas. Se deben contemplar en cuántica mecanismos nacionales más abiertos y flexibles que permitan dedicar intensidad y estabilidad, ofrecer agilidad a las fases exploratorias y no finalistas, y facilitar la escalabilidad de manera ágil.

### Recomendaciones:

- Desarrollar instrumentos específicos de apoyo a iniciativas de riesgo con indicadores propios de excelencia.
- Prestar especial atención a los nichos de oportunidad en España en todas las disciplinas cuánticas: computación, simulación, comunicaciones ultraseguras, sensórica de alta sensibilidad o metrología, y en todas las oportunidades existentes adyacentes alrededor de todas estas tecnologías (maquinaria, instrumentación, componentes auxiliares, etc.).
- Asegurar unas condiciones amigables y ágiles para la I+D+i industrial en tecnologías “deep” cuánticas.

## Retención, captación y desarrollo de talento

La disponibilidad de personas cualificadas en cuántica es escasa y existe una enorme demanda de personas preparadas en este campo en todo el mundo, especialmente en aquellos polos con magnetismo para el talento. Se precisa construir un marco suficientemente atractivo para retener al talento local, contribuir a su desarrollo competencial y profesional y, en la medida de lo posible, atraer también a personas de determinadas zonas geográficas.

### Recomendaciones:

- Adecuar los planes formativos para añadir competencias en tecnologías cuánticas, potenciando el desarrollo de fórmulas, como grados específicos, y formatos, como los programas duales universidad-empresa, y cubriendo todos los ciclos formativos.
- Facilitar la movilidad entre el mundo académico y el mundo empresarial, reduciendo restricciones, con el objetivo de facilitar la difusión de conocimiento.
- Creación de rutas formativas en empresas para el desarrollo o reconversión de talento en tecnologías cuánticas, que no sean únicamente doctorados, y tengan un conocimiento transversal.
- Atraer al mejor talento internacional, potenciando la flexibilidad administrativa (como visados) y promoviendo instrumentos de financiación específicos.

## Consolidación de redes abiertas y bien conectadas

El sistema nacional de cuántica no sólo tiene que articularse internamente, también lo tiene que hacer en el contexto europeo, con el que en gran medida comparte prioridades, para aprovechar la potencia conjunta y combinarla con los esfuerzos propios. Se deben consolidar las redes existentes y desarrollar otras nuevas que sirvan para aprovechar sinergias.

### Recomendaciones:

- Fortalecer las asociaciones y redes nacionales en la materia, como AMETIC.
- Promover misiones y otras políticas de acercamiento de las redes nacionales a las internacionales.
- Crear un equipo específico para defender los intereses españoles en marcos, programas e instrumentos de financiación o comerciales internacionales, especialmente europeos.

[1] QURECA, Quantum Effort Worldwide: <https://qureca.com/es/overview-on-quantum-initiatives-worldwide/>



INFORME  
**LA ESPAÑA CUÁNTICA**  
AMETIC 2022

**07 ANEXO**  
**(VÍAS DE FINANCIACIÓN)**

## Anexo. Vías de financiación (detalle)

A continuación, se muestra el detalle de las diferentes vías de financiación pública disponibles, tanto a nivel nacional como europeo, de proyectos en tecnologías cuánticas. En la medida de lo posible se ha recogido el programa y su descripción, el presupuesto disponible, y las fechas de apertura y cierre. Esta última en algunos casos provisional, y así indicado.

### Oportunidades nacionales

Recientemente se están desarrollando a nivel nacional instrumentos que ofrecen apoyo, bien directa o indirectamente, a la I+D+i en Tecnologías Cuánticas, lo cual es muy positivo para el desarrollo del ecosistema en nuestro país, su alineamiento y el aprovechamiento de las capacidades disponibles en la parte científica y en la empresarial, tanto en oferta tecnológica como en demanda y para el potencial de aplicación en sectores claves.

Dentro de los instrumentos actuales existentes de apoyo a la I+D+i pueden tener cabida, con distinta orientación y rango de TRL, un amplio abanico de opciones que, en cualquier caso, requieren un estudio detallado para asegurar su adecuación, de los que destacamos los siguientes:

### Proyectos de I+D de CDTI (PID)



Instrumento de apoyo empresarial a la I+D de amplio espectro temático, basado en créditos parcialmente reembolsables, es decir dotados de un Tramo No Retornable-TNR, desarrollados por empresas y destinados a la creación y mejora significativa de procesos productivos, productos o servicios.

Para más información: [Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial / Ayudas a la I+D+i / Proyectos de investigación y desarrollo](#)

## CDTI Misiones



La convocatoria **Misiones Ciencia e Innovación** publicada por el CDTI tiene como objetivo el apoyo a proyectos de investigación precompetitiva en cooperación, liderados por empresas, para conseguir:

- Una investigación relevante que proponga soluciones a desafíos transversales y estratégicos de la sociedad española.
- Mejorar la base del conocimiento y tecnología en la que se apoyan las empresas españolas para competir.
- Estimular la cooperación público-privada.

En su convocatoria del año 2021, incluida entre las actuaciones previstas en el Plan Nacional de Recuperación, Transformación y Resiliencia, que recibió la financiación de los fondos "Next Generation EU", entre ellos, el Mecanismo de Recuperación y Resiliencia, una de las Misiones identificadas fue la del **Impulso de la computación de alto rendimiento**, la cual incluye desarrollos tanto en computación distribuida como en computación cuántica para avanzar y fortalecer las capacidades en computación de alto rendimiento que dé servicio a las necesidades empresariales y sectoriales del tejido productivo, en particular:

- Tecnologías para el desarrollo de soluciones orientadas al impulso de la computación cuántica (simuladores, desarrollo de SW específico...).
- Tecnologías para el desarrollo de arquitecturas híbridas de ordenadores clásicos y cuánticos.

Resolución 2021: [Resolución de 20 de julio de 2021 de la Presidencia del Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial E.P.E. \(CDTI\)](#)

En la edición del actual año 2022, la convocatoria del programa Misiones Ciencia e Innovación ha incluido entre sus Misiones propuestas la del **desarrollo y fortalecimiento de uResolución de 20 de julio de 2021 de la Presidencia del Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial E.P.E. (CDTI), por lan ecosistema de fotónica integrada en España**. Los ámbitos de trabajo definidos han sido los siguientes:

- Tecnologías aplicables en el desarrollo de herramientas para el diseño y programación de circuitos fotónicos.
- Tecnologías para Nano/micro-fabricación de chips
- Investigación y desarrollo de nuevas soluciones

Los proyectos deben encuadrarse claramente en la misión del Programa y deben además plantear objetivos orientados a la resolución de uno o más de los ámbitos concretos de mejora propuestos en la misión. Además, las empresas pueden proponer en su proyecto objetivos adicionales complementarios, siempre que sean coherentes con la misión seleccionada.

**Plazo de solicitud:** Del 22/06/2022 al 05/09/2022 a las 12:00h

**Dotación:**125M€

## Intensidad de las ayudas:

Tipología de proyecto	Intensidad máxima		
	Pequeña empresa	Mediana empresa	Gran empresa
Investigación industrial	70%	60%	50%
a) Colaboración con empresas o entre empresa y organismo de investigación, o b) Amplia difusión de los resultados	80%	75%	65%
Desarrollo experimental	45%	35%	25%
a) Colaboración con empresas o entre empresa y organismo de investigación, o b) Amplia difusión de los resultados	60%	50%	40%

Para más información: [Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial / Ayudas a la I+D+i / Misiones Ciencia e Innovación](#)

## NEOTEC de CDTI



Instrumento orientado a startups de reciente creación y altamente tecnológicas, que ofrece unas condiciones de financiación muy favorables basadas en subvención a fondo perdido.

El Programa NEOTEC tiene como objetivo el apoyo a la creación y consolidación de empresas de base tecnológica, donde la tecnología debe ser el factor competitivo de diferenciación de la empresa, y para ello ofrece financiación para la puesta en marcha de nuevos proyectos empresariales, que requieran el uso de tecnologías o conocimientos desarrollados a partir de la actividad investigadora y en los que la estrategia de negocio se base en el desarrollo de tecnología.

Las empresas financiadas han de ser por tanto obligatoriamente empresas de base tecnológica (EBT), es decir compañías cuya actividad se centra en la explotación de productos o servicios que requieran el uso de tecnologías o conocimientos desarrollados a partir de la actividad investigadora. Las EBT basan su estrategia de negocio o actividad en el dominio intensivo del conocimiento científico y técnico y por tanto en la creación de líneas de I+D+i propias.

NEOTEC es un programa muy consolidado, que se viene repitiendo anualmente desde el año 2002.

### Convocatoria 2022:

**Plazo de solicitud:** Del 20/05/2022 al 05/07/2022 a las 12.00 horas.

**Publicación en BOE:** [Publicación en BOE](#)

**Estado actual:** Cerrada

**Importe:** 35M€

**Ayuda:** Subvención de hasta el 70% del presupuesto de la actuación, con un importe máximo de subvención de 250.000€ por beneficiario.

Para más información: [Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial / NEOTEC](#)

Como novedad, este año 2022 se publicó la primera edición del programa **NEOTEC Mujeres emprendedoras**, orientado específicamente a financiar la puesta en marcha de proyectos de empresas innovadoras liderados por mujeres.

NEOTEC Mujeres Emprendedoras impulsará nuevos proyectos empresariales que requieran el uso de tecnologías o conocimientos desarrollados a partir de la actividad investigadora y en los que la estrategia de negocio se base en el desarrollo de tecnología. Podrán recibir las ayudas proyectos, de uno o dos años de duración, en cualquier ámbito tecnológico y sectorial. El órgano de administración de la empresa deberá estar integrado mayoritariamente por mujeres y ellas deberán tener la mayoría del capital social de la empresa o una participación relevante en el proyecto objeto de la ayuda.

**Plazo de solicitud:** Del 17/02/2022 al 19/04/2022.

**Publicación en BOE:** [Publicación en BOE](#)

**Estado actual:** cerrada.

**Importe:** 5M€

**Ayuda:** Subvención de hasta el 70% del presupuesto de la actuación, con un importe máximo de subvención de 250.000€ por beneficiario.

**Para más información:** [Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial / NEOTEC-Mujeres Emprendedoras](#)

## Programa Tecnologías Aeronáuticas

El Programa Tecnológico Aeronáutico (PTA) tiene por objetivo la financiación de iniciativas estratégicas intensivas en I+D realizadas por una agrupación de empresas, que tengan como objetivo contribuir al desarrollo de tecnologías relevantes de aplicación en el ámbito aeronáutico.

De este modo, el PTA apoya a todos los agentes con capacidades tecnológicas aeronáuticas (empresas, universidades, centros tecnológicos, etc.) y se financia con fondos Next Generation EU, en el marco del Mecanismo de Recuperación y Resiliencia de la UE y del Componente 17 (Reforma institucional y fortalecimiento de las capacidades del sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación) del Plan Nacional de Recuperación, Transformación y Resiliencia del Gobierno de España.

En este sentido, se persigue reducir significativamente el impacto medioambiental en las tecnologías aeronáuticas, aumentando la eficiencia de las futuras aeronaves y reduciendo las emisiones contaminantes del transporte aéreo; sin olvidar otros retos tecnológicos estratégicos como sistemas, UAS o fabricación inteligente y avanzada.

Los proyectos deberán encuadrarse en alguno de los retos tecnológicos identificados:

- Tecnologías enfocadas a la reducción de emisiones: avión cero emisiones
- UAS
- Sistemas
- Fabricación inteligente y avanzada: Digitalización

Asimismo, se trata de una subvención a fondo perdido con una intensidad de hasta el 80% de los costes subvencionables, siendo estos los siguientes:

- Costes de personal.
- Costes de instrumental y material inventariable.
- Costes de investigación contractual, conocimientos técnicos y patentes adquiridas u obtenidas por licencia de fuentes externas en condiciones de plena competencia, así como los costes de consultoría y servicios equivalentes destinados de manera exclusiva al proyecto.
- Los gastos generales y otros gastos de explotación adicionales, incluidos los costes de material, suministros y productos similares, que se deriven directamente del proyecto.

- El gasto derivado del informe, realizado por un auditor, inscrito en el Registro Oficial de Auditores de Cuentas, hasta 1.500€ por beneficiario y anualidad.

Actualmente la convocatoria del ejercicio 2022 se encuentra cerrada, pero se estima la apertura de la convocatoria del 2023 para finales del Q1/Q2 del próximo año.

Para más información: [Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial / Ayudas a la I+D+i / Programa Tecnológico Aeronáutico](#)

## FEDER Interconecta



**UNIÓN EUROPEA**  
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

Instrumento gestionado por CDTI, de carácter regional. Tiene por objetivo potenciar la generación de capacidades innovadoras en las regiones menos desarrolladas a través de la financiación de proyectos de desarrollo experimental realizados por consorcios empresariales.

Además de estos y otros instrumentos de financiación, los programas de apoyo a la incorporación de doctores, como el Torres Quevedo, resultan también de interés para los proyectos en cuántica, con un alto requerimiento en la componente de talento. Por otro lado, también son un pilar importante los esquemas de deducciones fiscales a la I+D+i, así como las bonificaciones al personal investigador aplicables en España.

Para más información: [FEDER Interconecta](#)

## PERTE Aeroespacial



En marzo del 2022 se aprobó en Consejo de ministros el Proyecto Estratégico para la Recuperación y Transformación Económica-PERTE Aeroespacial, un instrumento de colaboración público-privada con el objetivo de impulsar la ciencia y la innovación en el ámbito aeroespacial con el objetivo de dar respuesta a los retos del sector como el cambio climático, la seguridad global y la transición digital, dotado con una inversión pública de 2.193M€.

Gracias a este proyecto estratégico, administraciones públicas, empresas y centros de I+D+i trabajarán en coordinación para reforzar las capacidades de la industria aeronáutica y la del Espacio, impulsando el desarrollo y la implantación de tecnologías innovadoras.

Los objetivos específicos del [PERTE Aeroespacial](#) se articulan en torno a tres pilares:

- el aeronáutico
- el espacial
- el transversal

Respecto al pilar espacial, los objetivos específicos son mejorar las capacidades del sector del espacio en el diseño de cargas útiles relacionadas con el control medioambiental, las comunicaciones cuánticas y la seguridad en cooperación internacional, así como posicionar al sector espacial en el mapa europeo del uso comercial del espacio.

En particular, las actividades sobre comunicaciones cuánticas se recogen en la **ACTUACIÓN 8 - Sistemas de satélite y terrestres para comunicaciones cuánticas**, con los objetivos específicos de desarrollo de las capacidades tecnológicas espaciales necesarias para el desarrollo del primer satélite geoestacionario con claves cuánticas para comunicaciones institucionales resilientes en el marco nacional y europeo.

Se propone implementar esta actuación a través de un programa dedicado (Third Party Programme) de la Agencia Espacial Europea (ESA), para el desarrollo y la contratación de la misión cuántica QKD del satélite y su segmento terreno asociado, corriendo el resto del coste de desarrollo del satélite, esto es, carga útil de telecomunicaciones innovadora, segmento terreno, lanzamiento, operaciones y otros importes a cargo del operador de satélites que promueve el sistema.

Además, la industria española también tendrá una importante participación en las actividades del satélite GEO de telecomunicaciones promovido por financiación privada, con el subsecuente efecto tractor en el ecosistema innovador de las tecnologías espaciales y las comunicaciones seguras.

Las actividades del satélite de telecomunicaciones GEO (carga útil de telecomunicaciones innovadora, plataforma satelital, segmento terreno, lanzamiento, operaciones y demás actividades) recaerán en el sector privado y su desarrollo requerirá una inversión prevista alrededor de 205M€.

El desarrollo de la carga útil satelital para la misión cuántica QKD de nueva generación y su segmento terreno asociado, será financiado por un total de 125M€ procedentes del Componente 15.15 (125M€), siendo el Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital el organismo responsable de la ejecución de este componente. Debido a que en esta medida pueden converger fondos del Plan de Recuperación provenientes de distintos componentes liderados por distintos ministerios, más allá de las actuaciones de coordinación que se impulsen en el seno del grupo de trabajo, se formalizará un acuerdo entre las administraciones públicas involucradas, para lo que se comprometerán los fondos a través de un acuerdo con la Agencia Espacial Europea (ESA).

Respecto al calendario, para la actuación de sistemas de satélite y terrestres para comunicaciones cuánticas, el pasado mes de junio se indicó sin mayor detalle "próxima apertura".

Para más información: [PERTE Aeroespacial | Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia Gobierno de España.](#)

## PERTE Chip



En mayo del 2022 se aprobó en Consejo de ministros y se publicó la memoria técnica del Proyecto Estratégico para la Recuperación y Transformación Económica-**PERTE Chip para Microelectrónica y Semiconductores**, dotado con una inversión pública de **12.250M€** y con el objetivo de reforzar la cadena de valor de la industria de microelectrónica y semiconductores española, desde una perspectiva integral, abarcando todas las fases involucradas en la concepción, diseño y fabricación de los chips.

En referencia, el [PERTE Chip](#) define en su **Primer eje de actuación, Refuerzo de la Capacidad Científica**, que, en el ámbito de la computación cuántica, es preciso desarrollar una senda continuista con la iniciativa Quantum Spain para llevar estas actuaciones al siguiente nivel. Para ello es necesario, en primer lugar, dar solución a los problemas de optimización de computación cuántica para poder dar respuesta a problemas científicos inaccesibles mediante la computación clásica y, en segundo lugar, acompañarlo del necesario desarrollo de hardware y software innovador.

En particular concreta dos actuaciones:

**Actuación 2. Desarrollo de I+D+i en fotónica integrada.** El objetivo de esta actuación es acelerar la investigación, desarrollo e innovación en el área de la fotónica integrada, apoyándose en las empresas, centros de investigación y universidades de referencia en este campo.

La actuación contará con un presupuesto estimado de 150M€ para el periodo 2022-2027.

**Actuación 3. Desarrollo de I+D+i en desarrollo de chips cuánticos.** El objetivo de esta actuación es acelerar la investigación, desarrollo e innovación en el área de los chips cuánticos, de manera que se consiga avanzar en la siguiente generación de chips cuánticos de la mano de las empresas, centros de investigación y universidades de referencia en este campo.

El ámbito de aplicación de esta medida abarcará aquellas actividades innovadoras que permitan:

- El desarrollo de “annealers” u optimizadores cuánticos, así como simuladores cuánticos programables.
- El desarrollo del hardware y software de computación cuántica para optimizar las diferentes tecnologías usadas en las Plataformas de computación y simulación cuánticas, de modo que se obtengan circuitos más escalables, con tiempos de coherencia más largos y con una gran densidad de qubits.

La actuación contará con un presupuesto estimado de 40M€ para el periodo 2022-2027.

Para más información: [El Gobierno aprueba el PERTE de microelectrónica y semiconductores para situar a España como un país de referencia en el diseño y la fabricación de chips](#)

## Quantum Spain



De manera relacionada con las iniciativas europeas, el Gobierno de España aprobó en octubre de 2021 el plan **Quantum Spain**, para la creación un ecosistema de computación cuántica para la Inteligencia Artificial (IA) basado en un modelo de cooperación público-privada, con el objetivo de impulsar la computación cuántica en España y reforzar el sistema de computación español mediante una serie de actuaciones estructuradas en los siguientes ejes:

- Algoritmia cuántica
- Creación de un ordenador cuántico de producción basado en corrientes superconductoras
- Dotación de ordenadores clásicos de simulación
- Talento

Una parte fundamental de este plan consiste en la construcción de chips cuánticos con capacidades crecientes en el tiempo, llegando a los 20 qubits operativos, haciéndolo, además, accesible en la nube, para todo el sistema educativo y empresarial español. Para obtener más detalle: [El Gobierno impulsa la creación del primer ecosistema de computación cuántica del sur de Europa](#)

Se aprobó en ese momento la concesión de una subvención de 22M€ para impulsar la creación de un ecosistema de computación cuántica en España, canalizados a través de la **Red Española de Supercomputación (RES)**, en línea con la estrategia trazada en el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, con la agenda España Digital 2025 y la Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial (ENIA).

De esta inversión, 14,5M€ serían ejecutados directamente por entidades de la RES para la realización del proyecto, mientras que otros 7,5M€ se transferirán a entidades no pertenecientes a esta infraestructura a través de subcontrataciones o convenios, dividiendo el presupuesto en tres áreas de alto nivel:

- el destinado para hardware, dirigido a la creación del nuevo laboratorio y chips cuánticos, como la partida más importante, con 10M€
- el software cuántico, con énfasis en “Quantum Machine Learning”, con 7M€
- la plataforma de acceso en la nube al hardware cuántico, con un presupuesto de 5M€

Se indicó además la previsión de que la iniciativa alcance los 60M€ de inversión total en los próximos años a través de la participación en diferentes iniciativas europeas.

En el despliegue de Quantum Spain participarán 25 centros en 14 Comunidades Autónomas, perteneciendo la mayoría a la Red Española de Supercomputación (RES), que actuará de canalizadora de la subvención. La red estará operativa a finales de este 2022 bajo la coordinación del BSC (Barcelona Supercomputing Center), con sucesivas actualizaciones hasta llegar a los 20 qubits en 2025.

Para más información: [Quantum Spain](#), [BSC will coordinate Quantum Spain, the national quantum computing ecosystem](#) | [BSC-CNS](#)

## Gipuzkoa Quantum

Gipuzkoa Quantum se enmarca en la ejecución del plan estratégico desarrollado por la Diputación de Guipúzcoa para la aplicación de este tipo de tecnologías en su territorio. La estrategia incorpora un conjunto de acciones para convertir a Guipúzcoa en un referente en la generación y aplicación de conocimiento en el sector. Gipuzkoa Quantum se creó a finales de 2020 y es, junto con el Polo MUBIL –electromovilidad y almacenamiento de energía– y Gipuzkoa Advanced New Therapies Territory (GANTT) –terapias avanzadas–, una de las tres iniciativas incluidas dentro de los proyectos estratégicos para la recuperación y la transformación económica (PERTE) propuestos por Euskadi Next.

El objeto de esta subvención es impulsar el desarrollo de las tecnologías cuánticas a través del apoyo a proyectos de investigación fundamental, industrial y de desarrollo experimental. La cuantía total de las subvenciones a conceder en esta convocatoria será de 1.041.100€. Serán beneficiarias de esta subvención:

- Las empresas que desarrollan su actividad en Gipuzkoa.
- Las entidades incluidas en la Red Vasca de Ciencia, Tecnología e Innovación (RVCTI), regulada por el Decreto 109/2015 de 23/06.

**Plazo de solicitud:** En plazo.

**Fecha límite:** 31-10-2022.

**Importe:**

- **Ayuda:** Del 25 al 100% de los costes subvencionables dependiendo del tipo proyecto y de empresa.
- **Subvención por proyecto:** Colaboración: máximo 120.000€. Individual: 80.000€.
- **Gastos subvencionables:** Personal, contratación, instrumental y material, consultoría y servicios, suministros.

Para más información: [GIPUZKOA QUANTUM - egoitz](#)

## Planes Complementarios



Los Planes Complementarios es un instrumento dirigido a establecer colaboraciones con las CCAA en acciones de I+D+I que tengan objetivos comunes basados en intereses reflejados en la Estrategia de Especialización Inteligente (RIS3) estatal y autonómica.

Se trata de crear sinergias, alinear la ejecución de fondos y establecer prioridades comunes.

Se han seleccionado 8 áreas de interés científico-técnicas dentro de las líneas de la EECTI: (1) Biotecnología aplicada a la salud, (2) Ciencias Marinas, (3) **Comunicación cuántica**, (4) Energía e hidrógeno renovable, (5) Agroalimentación, (6) Astrofísica y física de altas energías, (7) Materiales avanzados y (8) Biodiversidad.

Con el propósito de construir sinergias territoriales, los Planes Complementarios contemplan la participación de varias CCAA en un programa, con la posibilidad de participar en varios de ellos. Se logra así el aprovechamiento de capacidades e infraestructuras singulares, junto con la posible participación de empresas. Los programas tendrán una duración de 2 o 3 años, con compromisos de cofinanciación y mecanismos de cogobernanza, potenciando la transformación económica territorial.

En total, está previsto que se movilicen 466 M € hasta 2025, de los cuales serán financiados 299M€ por parte del Ministerio de Ciencia e Innovación y el resto cofinanciado por las comunidades autónomas.

El día 08/11/2021, en la reunión del Consejo de Política Científica, Tecnológica y de Innovación, se acordaron los convenios marco correspondientes a 2021, en las áreas de interés: Biotecnología en salud, Ciencias marinas, Comunicación cuántica y Energía e hidrógeno renovable.

De este modo, este programa se alinea con las iniciativas clave europeas en esta área, tanto del Quantum Flagship como de la European Quantum Communications Infrastructure (EuroQCI), mediante la creación de infraestructuras punteras y actuando como motor de la

industria cuántica europea. En particular, las partes manifiestan su voluntad de identificar, en su caso, como ámbitos de colaboración futura para el desarrollo del programa, las siguientes líneas de actuación (LA):

- LA-1: EuroQCI - hacia una infraestructura europea de comunicación cuántica.
- LA-2: Hardware para comunicaciones cuánticas.
- LA-3: Software para comunicaciones cuánticas.
- LA-4: Hardware para procesamiento cuántico.
- LA-5: Software para procesamiento cuántico.
- LA-6: Recursos humanos y formación para la innovación y el emprendimiento.
- LA-7: Ecosistema de innovación e industrial, difusión y explotación de resultados.

El programa se puso en marcha inicialmente con las Comunidades Autónomas de País Vasco, Cataluña, Galicia, Madrid y Castilla y León, contando también con la participación del CSIC, mediante la suscripción de un convenio marco con el Ministerio de Ciencia e Innovación.

Para más información: [Planes-complementarios-con-CCAA](#)

## Red.es IA + THDs

La entidad pública empresarial **Red.es**, adscrita al Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital a través de la **Secretaría de Estado de Digitalización e Inteligencia Artificial**, tiene como función impulsar el fomento y desarrollo de la sociedad de la información en España.



red.es

El pasado septiembre de 2021 Red.es publicó la convocatoria de ayudas **Proyectos de Investigación y Desarrollo en Inteligencia Artificial y otras Tecnologías Digitales y su Integración en las Cadenas De Valor** con **105M€** de dotación para proyectos de investigación industrial (50M€) y de desarrollo experimental (55M€), con un doble propósito:

Por un lado, impulsar la investigación científica, el desarrollo tecnológico y la innovación en inteligencia artificial y por otro, fomentar el desarrollo tecnológico para la incorporación de la inteligencia artificial en los procesos productivos de las cadenas de valor.

A pesar del claro foco en IA, la convocatoria incluyó, además de las actuaciones sobre IA, otra serie de actuaciones sobre distintas Tecnologías Habilitadoras Digitales entre las que se encontraba la **Computación de alto rendimiento (high performance computing)**, por lo cual constituye una oportunidad para la financiación de proyectos de computación o comunicación cuánticas.

En el momento de redacción de este informe se espera que Red.es publique durante el resto del año 2022 una nueva edición de esta convocatoria, previsiblemente con un enfoque similar al de la convocatoria de 2021.

Para más información:  
[CONVOCATORIA DE AYUDAS 2021 DESTINADAS A PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y OTRAS TECNOLOGÍAS DIGITALES Y SU INTEGRACIÓN EN LAS CADENAS DE VALOR | Sede](#)

## Agrupaciones Empresariales Innovadoras- AEI

El programa de **apoyo a las Agrupaciones Empresariales Innovadoras (AEI)** del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo tiene como objetivo mejorar la competitividad de las pequeñas y medianas empresas. Para ello prevé apoyar con recursos públicos las estrategias de innovación y competitividad empresarial desarrolladas por parte de las Agrupaciones Empresariales Innovadoras (AEI) que se reconozcan como tales como consecuencia de su inscripción en el **Registro de Agrupaciones Empresariales Innovadoras del Ministerio**.



Los tipos de actuaciones y proyectos susceptibles de recibir las ayudas del programa son:

**Línea 1. Actuaciones de apoyo al funcionamiento de Agrupaciones Empresariales Innovadoras**

**Línea 2. Estudios de viabilidad técnica**

Enfocados a la definición de proyectos destinados a ser presentados a futuras convocatorias de los siguientes programas:

- El programa de Apoyo a Agrupaciones Empresariales Innovadoras a través de la Línea 3 de **“Proyectos de Tecnologías Digitales”**.
- El programa marco de investigación e innovación de la UE para el periodo 2021-2027, “Horizonte Europa”.

**Línea 3. Proyectos de Tecnologías Digitales**

Los proyectos deben incorporar conocimientos y/o tecnologías que promuevan la transformación digital de las empresas que los llevan a cabo en el marco de las siguientes categorías:

- Actividades de investigación industrial
- Actividades de desarrollo experimental
- Innovación en materia de organización
- Innovación en materia de procesos

Dado que la temática de los proyectos no está limitada en la convocatoria, esta convocatoria también ofrece un marco de financiación interesante para proyectos consorciados del sector cuántico presentados por entidades asociadas a Agrupaciones Empresariales Innovadoras cuyo plan estratégico esté directamente relacionado con la promoción y el desarrollo de las actividades cuánticas.

Para más información:

[Portal de Ayudas del Mº de Industria, Comercio y Turismo - Agrupaciones Empresariales Innovadoras \(AEI\)](#)

## Proyectos de I+D+i en líneas estratégicas 2022



El objetivo de la convocatoria Proyectos de I+D+i en líneas estratégicas es apoyar a proyectos de investigación industrial en colaboración entre empresas y organismos de investigación con la finalidad de dar respuesta a los desafíos identificados en las prioridades temáticas (topics), que se determinen en las convocatorias, y en los que se valore el solapamiento entre disciplinas a nivel metodológico, conceptual o teórico.

Se pretende dar impulso a los avances en el campo de aplicación al que se dirigen los proyectos, tanto en el ámbito científico como en el desarrollo tecnológico y la innovación.

En este sentido, la convocatoria del 2022 está cerrada, pero se espera su apertura para el Q2 del 2023.

Para más información:  
[Proyectos de I+D+i en líneas estratégicas 2022 | Agencia Estatal de Investigación](#)

## Proyectos en colaboración público-privada



En diciembre 2021, y bajo la dirección de la Agencia Estatal de Investigación del Ministerio de Ciencia e Innovación, se aprobaron las bases reguladoras de la concesión de ayudas públicas a **proyectos de colaboración público-privada**, del Programa Estatal para Impulsar la Investigación Científico-Técnica y su Transferencia, del Plan Estatal de Investigación Científica, Técnica y de

Innovación 2021-2023, en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, y se aprobó la convocatoria de tramitación anticipada correspondiente al año 2021 de estas ayudas.

Las ayudas objeto de estas bases tienen como finalidad avanzar en la incorporación de conocimientos y resultados científico-técnicos que permitan la validación y el desarrollo precompetitivo de nuevas tecnológicas, productos y servicios, creando el contexto adecuado que estimule la generación de una masa crítica en I+D+i de carácter interdisciplinar para su aplicación, transferencia, búsqueda de soluciones y generación de resultados tanto en las trayectorias tecnológicas y de innovación de las empresas como en el mercado, así como facilitar la transferencia de conocimiento mediante actuaciones que eliminen las barreras existentes entre los diferentes actores en los ámbitos público y privado.

Entre las prioridades temáticas contempladas descritas en el Plan Estatal de Investigación Científica, Técnica y de Innovación 2021-2023 se incluye la de *Mundo digital, industria, espacio y defensa*, por lo que esta convocatoria es susceptible de ofrecer financiación a proyectos de actuaciones de naturaleza cuántica.

Para más información:  
[Proyectos en colaboración público-privada 2021 | Agencia Estatal de Investigación](#)

## Oportunidades internacionales

### QuantERA y Quantum Flagship

A nivel europeo, destacan la red **QuantERA** y el **Quantum Flagship** como instrumentos de apoyo dirigidos específicamente a tecnologías cuánticas.



La próxima convocatoria de propuestas **está prevista para 2023**, de acuerdo con el esquema bienal (<https://quantera.eu/quantera-funded-projects/>). El esquema ERA-NET europeo está diseñado para fomentar la cooperación y coordinación entre los estados en materia de investigación. España ha participado y participa en un buen número de ellas, abarcando muy diversos ámbitos: biodiversidad, cambio climático, astronomía, TIC, biotecnología, salud, materiales, física nuclear y un largo etcétera). **QuantERA** es una red ERA-NET formada por 31 países (en el caso de España, la Agencia Estatal de Investigación del Ministerio de Ciencia e Innovación) que da soporte a proyectos de investigación internacionales en tecnologías cuánticas. QuantERA ha puesto en marcha tres convocatorias ya cerradas, pero con ejecución por delante, la primera en 2017, la segunda en 2019, y la tercera en 2021.

Por ejemplo, la primera convocatoria QuantERA ha financiado 26 proyectos por un importe total de 32M€. Seis de estos proyectos cuentan con participación española.



Las Iniciativas de Investigación Emblemáticas de las Tecnologías Futuras y Emergentes (o FET Flagships en inglés) abordan grandes retos científicos y tecnológicos de futuro, de carácter interdisciplinario a gran escala, y requieren la colaboración y participación de grupos de investigación interdisciplinares. La Comisión Europea ha puesto en marcha iniciativas FET Flagship en grafeno, cerebro humano y, desde finales de 2018, en tecnologías cuánticas: la Quantum Flagship. Abarca una ventana temporal de 10 años y prevé la puesta en juego de 1.000M€. Por ejemplo, la primera convocatoria (2018) ha supuesto 132M€ repartidos en 20 proyectos ([link](#)). Con respecto a los resultados de esta primera convocatoria, España se sitúa en quinto lugar, con un retorno ligeramente superior a los 8M€.

En su visión a 6-10 años se contemplan las siguientes cuatro prioridades:

- Demostración y promoción de funcionalidades logradas con tecnologías que no se pueden conseguir de forma clásica y que cumplen con los casos de uso identificados.
- Desarrollo de esquemas para la evaluación de las tecnologías cuánticas y la continua actualización y mejora de los puntos de referencia y KPIs.
- Promoción de nuevas tecnologías habilitadoras y productos que faciliten el desarrollo de las tecnologías cuánticas y que encuentren aplicaciones fuera de los campos de las tecnologías cuánticas.
- Evaluación del impacto de esos productos fuera del ámbito de las tecnologías cuánticas y el progreso de las tecnologías cuánticas según la escala TRL.

En el periodo 2021-2027, las tecnologías cuánticas recibirán el apoyo del programa Europa Digital, que desarrollará y reforzará las capacidades digitales estratégicas de Europa, así como del programa Horizonte Europa de la Comisión, contribuyendo a las aplicaciones de investigación.

Para más información: [Quantera](#) y [Quantum Flagship](#)

## Programa Europa Digital

Digital Europe Programme es un nuevo programa de financiación de la UE centrado en llevar la tecnología digital a las empresas, los ciudadanos y las administraciones públicas. Con un presupuesto de 7.600M€, el programa forma parte del próximo presupuesto a largo plazo de la UE (el marco financiero plurianual) y cubre el periodo 2021 - 2027. Digital Europe proporcionará financiación a proyectos en cinco áreas cruciales:

- 2.200M€ para SUPERCOMPUTACIÓN para las siguientes acciones:
  - Desarrollar y fortalecer las capacidades de procesamiento de datos y supercomputación de la UE comprando supercomputadoras a exaescala de clase mundial para 2022/2023 (capaces de realizar al menos mil millones de billones o 1018 cálculos por segundo) y facilidades posteriores a exaescala para 2026/2027.
  - Aumentar la accesibilidad y ampliar el uso de la supercomputación en áreas de interés público como la salud, el medio ambiente y la seguridad, y en la industria, incluidas las pequeñas y medianas empresas.
- 2.100M€ para INTELIGENCIA ARTIFICIAL para las siguientes acciones:
  - Invertir y facilitar el uso de la inteligencia artificial por parte de empresas y administraciones públicas.
  - Configurar un verdadero espacio de datos europeo y facilitar el acceso seguro y el almacenamiento de grandes conjuntos de datos y una infraestructura en la nube confiable y energéticamente eficiente.
  - Reforzar y apoyar las instalaciones de experimentación y pruebas de inteligencia artificial existentes en áreas como la salud y la movilidad en los Estados miembros y fomentar su cooperación.
- 1.600M€ para CIBERSEGURIDAD para las siguientes acciones:
  - Reforzar la coordinación de la ciberseguridad entre las herramientas y las infraestructuras de datos de los Estados miembros.
  - Apoyar el amplio despliegue de las capacidades de ciberseguridad en toda la economía.
- 580M€ para HABILIDADES DIGITALES AVANZADAS para las siguientes acciones:
  - Apoyar el diseño y desarrollo de programas especializados y pasantías para los futuros expertos en áreas de capacidad clave tales como datos e inteligencia artificial, ciberseguridad, **cuántica** y HPC.
  - Apoyar la mejora de las habilidades de la fuerza laboral existente mediante breves capacitaciones que reflejen los últimos avances en áreas clave de capacidad.

- 1.100M€ para GARANTIZAR EL AMPLIO USO DE LAS TECNOLOGÍAS DIGITALES EN LA ECONOMÍA Y LA SOCIEDAD para las siguientes acciones:
  - Apoyar la implantación de alto impacto en áreas de interés público, como salud (complementado con el programa EU4Health), Green Deal, comunidades inteligentes y el sector cultural.
  - Construir y fortalecer la Red de Centros Europeos de Innovación Digital (European Digital Innovation Hubs) con el objetivo de contar con un centro en cada región para ayudar a las empresas a beneficiarse de las oportunidades digitales.
  - Apoyar la adopción de tecnologías digitales avanzadas y relacionadas por parte de la industria, especialmente las pequeñas y medianas empresas.
  - Apoyar a las administraciones públicas y la industria europea en la implementación y acceso a tecnologías digitales de vanguardia (como Blockchain) y en la generación de confianza en la transformación digital.

Este programa tuvo diversos topics relacionados con las infraestructuras de comunicación cuántica (ya cerrados), y habrá que esperar a su última y tercera call de este año, así como al lanzamiento del programa de trabajo de 2023 para ver si se incluyen topics similares.

- **Beneficiarios:** mínimo 3 entidades de 3 países diferente de la UE o Asociados (mínimo 1 de UE).
- **Tipo de ayudas:** dependen de la tipología de proyecto (por ejemplo 100% para CSA o 50% para “simple grants”).
- **Próximas fechas de presentación:** 22/09/2022 (topic “Deploying advanced national quantum communication infrastructure (QCI) systems and networks”, presupuesto del topic: 20M€; ayuda máxima: 5M€).

Para más información: [The Digital Europe Programme](#)

## Horizonte Europa

Horizon Europe (HE) es el principal programa de financiación de la UE para la investigación y la innovación, con un presupuesto de 95.500M€. Aborda el cambio climático, ayuda a alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU e impulsa la competitividad y el crecimiento de la UE. El programa facilita la colaboración y refuerza el impacto de la investigación y la innovación en el desarrollo, el apoyo y la aplicación de las políticas de la UE. Apoya la creación y mejor dispersión de conocimientos y tecnologías excelentes.

### THREE PILLARS FOR IMPLEMENTATION

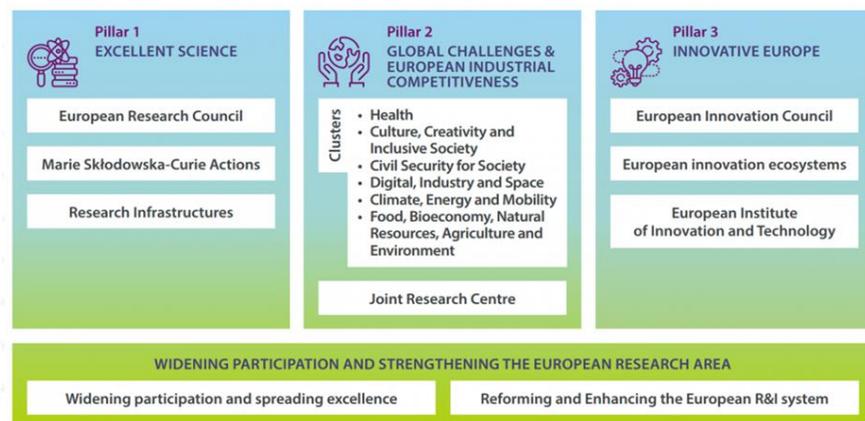


Figura 1. Estructura del Programa Horizonte Europa

Para más información: [Programa Horizonte Europa](#)

Se describen a continuación los subprogramas donde podrían tener encaje proyectos de Tecnologías Cuánticas, bien de temática abierta (Pilar 1 y Pilar 3) o bien respondiendo a temáticas concretas (Pilar 2).

## Pilar 1 – Ciencia Excelente

El pilar 1 de HE tiene como objetivo aumentar la competitividad científica mundial de la Unión Europea a través de tres mecanismos de financiación:

- El Consejo Europeo de Investigación (ERC), que financiará proyectos de investigación en la frontera del conocimiento diseñados y dirigidos por los propios investigadores.
- El programa Marie Skłodowska-Curie (MSCA), que apoyará el desarrollo profesional y la formación del personal investigadora a través de las actividades de movilidad internacionales e intersectoriales
- La inversión para mejorar y optimizar el acceso transnacional a las infraestructuras de investigación de nivel mundial.

Los dos primeros mecanismos (ERC y MSCA) pueden acoger proyectos de Tecnologías Cuánticas y se detallan a continuación.

### European Research Council (ERC)

**Objetivos:** ERC se centra en proporcionar apoyo a investigadores excelentes y a sus equipos de investigación para llevar a cabo proyectos de investigación innovadora, de alto riesgo y rendimiento, que conduzcan a avances en la frontera del conocimiento.

**Beneficiarios:** personas investigadoras (individuales) o grupo de investigadores trabajando en organismos de investigación de la Unión Europea o de países Asociados.

**Tabla 1. Convocatorias 2023 gestionadas por el ERC**

	Requisitos	Ayudas (*)	Plazos presentación
<b>Starting Grant</b>	2-7 años de experiencia desde título doctorado	Máx. 1,5M€ para 5 años	12/07/2022 – <b>25/10/2022</b>
<b>Consolidator Grant</b>	7-12 años de experiencia desde título doctorado	Máx. 2M€ para 5 años	28/09/2022 – <b>02/02/2023</b>
<b>Advanced Grant</b>	Investigadores principales, líderes de un equipo, con 10 años de carrera investigadora relevante	Máx. 2,5M€ para 5 años	08/12/2022 – <b>23/05/2023</b>
<b>Synergy Grant</b>	2-4 investigadores principales desarrollando proyectos rompedores	Máx. 10M€ para 6 años	13/07/2022 – <b>08/11/2022</b>

(\*)Se pueden conceder ayudas adicionales para traslados desde terceros países, comprar grandes equipos, acceso a grandes instalaciones u otros costes del trabajo experimental (hasta 1M€ para Starting, Consolidator y Advanced Grants, y hasta 4M€ para Synergy Grants).

Para más información: [European Research Council](https://ec.europa.eu/research-council/)

## Marie Skłodowska-Curie Actions (MSCA)

**Objetivos:** las Acciones MSCA están dirigidas a potenciar en Europa las carreras en investigación entre los jóvenes, atraer el interés de los mejores talentos de todo el mundo, retener a sus propios investigadores y reintegrar a aquellas personas que están trabajando en otros lugares. A continuación, se detallan las distintas convocatorias incluidas en MSCA (los detalles de presupuestos y plazos de presentación para 2023 y 2024, incluidos en la Tabla 2, se han extraído de borradores de programa NO Oficiales, por tanto, no es información definitiva).

**Tabla 2. Acciones MSCA para proyectos de Tecnologías Cuánticas**

Convocatorias	Presupuesto (M€)	Plazo presentación
HORIZON-MSCA-2022-DN-01	427,30	12/05/2022 – <b>15/11/2022</b>
HORIZON-MSCA-2023-DN-01	431,83	30/05/2023 - 28/11/2023*
HORIZON-MSCA-2024-DN-01	450,01	29/05/2024 - 27/11/2024*

**MSCA Redes Doctorales (Doctoral Networks, DN):** implementación de programas de doctorado por consorcios académicos (universidades, organismos de investigación) y no académicos (empresas), dentro de uno (**Industrial Doctorates**) o varios países europeos (**Joint Doctorates**).

**Beneficiarios:** mínimo 3 entidades de 3 países (Unión Europea y Asociados; mínimo 1 de la UE).

**Tipo de ayudas:** costes fijos con tasas mensuales definidas para gastos de la persona investigadora (manutención, movilidad, cargas familiares...) así como gastos para la entidad contratante (investigación, formación, gestión, costes indirectos...).

**MSCA Becas Postdoctorales (Postdoctoral Fellowships, PF):** dirigidas a la movilidad de investigadores (doctores): i) de cualquier nacionalidad que vienen o se mueven dentro de Europa (**European PF**); o bien ii) investigadores europeos que quieren realizar sus proyectos dentro y fuera de Europa (**Global PF**).

**Beneficiarios:** 1 entidad legal constituida en la Unión Europea o países Asociados.

**Tipo de ayudas:** costes fijos con tasas mensuales definidas para gastos de la persona investigadora (manutención, movilidad, cargas familiares...) así como gastos de la entidad contratante (investigación, formación, gestión, costes indirectos...).

Convocatorias	Presupuesto (M€)	Plazo presentación
HORIZON-MSCA-2022-PF-01	257,00	12/05/2022 - <b>14/09/2022</b>
HORIZON-MSCA-2023-PF-01	258,57	12/04/2023 - 13/09/2023*
HORIZON-MSCA-2024-PF-01	270,00	10/04/2024 - 11/09/2024*

**MSCA Intercambio personal (Staff Exchanges, SE):** dirigidas al desarrollo de un proyecto de I+D en el que hay intercambio de personal (técnico, investigador, administrativo y de gestión) intersectorial, internacional y/o interdisciplinar.

**Beneficiarios:** mínimo 3 entidades de 3 países de la Unión Europea y Asociados (mínimo 2 en diferentes países).

**Tipo de ayudas:** costes fijos con tasas mensuales definidas de las personas que realizan el intercambio (viajes, alojamiento y manutención), así como gastos de la entidad contratante (investigación, formación, gestión, costes indirectos...).

Convocatorias	Presupuesto (M€)	Plazo presentación
HORIZON-MSCA-2022-SE-01	77,50	06/10/2022 - <b>08/03/2023</b>
HORIZON-MSCA-2023-SE-01	77,92	05/10/2023 - 28/02/2024*
HORIZON-MSCA-2024-SE-01	81,00	10/10/2024 - 05/03/2025*

\*Información provisional

Para más información: [Acciones Marie Curie](#)

## Pilar 2: Retos Globales y Competitividad Europea Industrial

Los objetivos específicos del Pilar 2 de HE son generar conocimiento, intensificar la repercusión de la investigación y la innovación en la elaboración y aplicación de las políticas de la Unión, así como en el apoyo a estas políticas, y favorecer el acceso y la adopción de soluciones innovadoras en la industria europea, en especial en las pymes, y en la sociedad, para hacer frente a los desafíos mundiales, incluido el cambio climático y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

**Beneficiarios:** entidades establecidas en los países elegibles (Unión Europea y Asociados), consorcios: mínimo 3 entidades de 3 países (excepto en las líneas que se indique lo contrario).

**Tipo de ayudas:** Subvención en la que el porcentaje de la ayuda europea depende del tipo de Acción:

- RIA (Research and Innovation Actions): 100%
- IA (Innovation Actions): 70% excepto para entidades sin ánimo de lucro que reciben 100%

## Clúster 4. Digitalización, Industria y Espacio

En este Clúster se incluyen las tecnologías facilitadoras que son estratégicas para el futuro industrial de Europa, con las que se espera conseguir:

- Liderazgo mundial en cadenas de valor industriales "limpias" y neutras climáticamente, economía circular y sistemas e infraestructuras digitales neutros para el clima (redes, centros de datos).
- Liderazgo industrial y mayor autonomía en cadenas de valor estratégicas, con garantías de suministro de materias primas.
- Soberanía en las tecnologías digitales y en las futuras tecnologías facilitadoras emergentes.
- Una economía de datos ágil, segura y atractiva a nivel mundial, desarrollando y permitiendo la adopción de las tecnologías e infraestructuras informáticas y de datos de próxima generación.

- Autonomía estratégica en la concepción, el desarrollo, el despliegue y la utilización de infraestructuras, servicios, aplicaciones y datos globales basados en el espacio.
- Un desarrollo ético y centrado en el ser humano de las tecnologías digitales e industriales, mediante un compromiso bidireccional en el desarrollo de las tecnologías, capacitando a los usuarios finales y los trabajadores, y apoyando la innovación social.

La información relativa a los topics que aparecen en la Tabla 3 se han extraído de borradores de programa **NO Oficiales**, por tanto, no es información definitiva.

**Tabla 3. Topics del Clúster 4 de HE para Tecnologías Cuánticas**

<b>Destination 4. Digital &amp; Emerging Technologies for Competitiveness and Fit for the Green Deal</b>				
<b>Objetivos:</b> Alcanzar la autonomía estratégica en tecnologías digitales y en las futuras tecnologías facilitadoras, reforzando las capacidades europeas en aspectos digitales clave de las futuras cadenas de suministro, favoreciendo respuestas ágiles a necesidades urgentes, e invirtiendo en el descubrimiento y aplicación industrial de las nuevas tecnologías.				
<b>Topic</b>	<b>Plazo</b>	<b>Presupuesto topic (M€)</b>	<b>Subvención (M€)</b>	<b>Tipo Acción</b>
HORIZON-CL4-2023-DIGITAL-EMERGING-01-40: Quantum Photonic Integrated Circuit technologies	22/12/2022 - 28/03/2023*	12	4-6	RIA
HORIZON-CL4-2023-DIGITAL-EMERGING-01-41: Investing in alternative quantum computation and simulation platform technologies	22/12/2022 - 28/03/2023*	20	7-12	RIA

<b>Topic</b>	<b>Plazo</b>	<b>Presupuesto topic (M€)</b>	<b>Subvención (M€)</b>	<b>Tipo Acción</b>
HORIZON-CL4-2023-DIGITAL-EMERGING-01-43: Framework Partnership Agreement for developing large-scale quantum Computing platform technologies	22/12/2022 - 28/03/2023*	no budget	-	FPA
HORIZON-CL4-2023-DIGITAL-EMERGING-01-50: Next generation quantum sensing and metrology technologies	22/12/2022 - 28/03/2023*	10	2-3	RIA
HORIZON-CL4-2024-DIGITAL-EMERGING-01-42: Stimulating transnational research and development of next generation quantum technologies, including basic theories and components (Cascading grant with FSTP)	15/11/2023 - 19/03/2024*	15	15	RIA
HORIZON-CL4-2024-DIGITAL-EMERGING-01-45: Quantum sensing and metrology for market uptake		15	4-5	IA

\*Información provisional

### Destination 5. Open Strategic Autonomy in Developing, Deploying and Using Global Space-Based Infrastructures, Services, Applications and Data

**Objetivos:** Conseguir la autonomía estratégica en el desarrollo y la implementación de infraestructuras espaciales globales, aplicaciones de servicios y datos, incluyendo el fortalecimiento de las capacidades europeas para acceder al espacio, asegurando la autonomía de suministro de tecnologías y equipos críticos, y fomentando la competitividad del sector espacial de la Unión Europea.

Topic	Plazo	Presupuesto topic (M€)	Subvención (M€)	Tipo Acción
HORIZON-CL4-2023-SPACE-01-62: Quantum Communication Technologies for space systems	22/12/2022 - 28/03/2023*	5	2-2,5	RIA
HORIZON-CL4-2023-SPACE-01-63: Quantum Space Gravimetry Phase-A Study		3	1-1,5	RIA
HORIZON-CL4-2024-SPACE-01-64: Quantum Space Gravimetry Phase-B study & Technology Maturation	21/11/2023 – 20/02/2024*	14,2	14	RIA

\*Información provisional

### Pilar 3: Europa Innovadora

Este pilar incluye el Consejo Europeo de Innovación (European Innovation Council, EIC), que promoverá principalmente tecnologías innovadoras y disruptivas con el foco en la innovación creadora de mercado, al tiempo que apoyará todo tipo de innovaciones, incluidas las incrementales, especialmente en las PYME y empresas emergentes o start-up, con un rápido potencial de escalado de mercado europeo y mundial. El pilar 3 engloba además el apoyo a los Ecosistemas Europeos de Innovación y las actividades desarrolladas en el marco del Instituto Europeo de Innovación y Tecnología (EIT en sus siglas en inglés).

### European Innovation Council (EIC)

El Acelerador del Consejo Europeo de Innovación actúa como catalizador para atraer a otros inversores necesarios para amplificar la magnitud de las innovaciones. Un modelo de financiación único ofrece a las empresas emergentes y a las pymes subvenciones de hasta 2,5M€, que se combinan con inversiones de capital efectuadas a través del Fondo del Consejo Europeo de Innovación y que oscilan entre 500.000 € y 15M€. El EIC se estructura en 3 líneas diferentes:

- **EIC Pathfinder** para proyectos de investigación avanzada cuyo objetivo sea desarrollar la base científica que sustente tecnologías de vanguardia (TRL 1-4).
- **EIC Transition** para validar tecnologías previamente desarrolladas en otros proyectos (aprobados en convocatorias europeas: EIC Pathfinder, ERC, FET) y desarrollar planes de negocio para aplicaciones específicas (TRL 4 hasta 5-6).
- **EIC Accelerator** para apoyar a las empresas (pymes, start-ups, spin-outs, y en casos excepcionales a pequeñas empresas) para llevar sus innovaciones al mercado (TRL 5-6 hasta 9).

En cada una de estas líneas del EIC se publican convocatorias de temática abierta (EIC Open) y otras en las que hay que responder a unos retos concretos (EIC Challenges). A continuación, se detalla el tipo de beneficiarios y ayudas de aquellas convocatorias en las que podrían tener cabida proyectos de tecnologías cuánticas.

Convocatorias 2022	Beneficiarios	Presupuesto (M€)	Ayudas	Fecha presentación
<b>EIC Pathfinder Open</b>	consorcios de mínimo 3 entidades (pymes, universidades, start-ups, centros investigación, grandes empresas...) de 3 países diferentes	183	subvención del 100% con un máximo de 3M€ y asesoramiento o en servicios de aceleración de negocios	03/05/2022
<b>EIC Pathfinder Challenges</b> <a href="#">Alternative approaches to Quantum Information Processing, Communication, and Sensing</a>	entidades individuales (no son elegibles medianas ni grandes empresas) o consorcios de al menos 2 entidades independientes (pymes, universidades, start-ups, centros investigación)	167	subvención del 100% con un máximo de 4M€ y asesoramiento o en servicios de aceleración de negocios	19/10/2022
<b>EIC Transition Open</b>	entidades individuales (pymes o entidades de investigación; grandes empresas no son elegibles), o consorcios de 2-5 entidades independientes (sí pueden participar grandes empresas)	70,9	subvención del 100% con un máximo de 2,5M€	28/09/2022

Convocatorias 2022	Beneficiarios	Presupuesto (M€)	Ayudas	Fecha presentación
<b>EIC Accelerator Open</b>	entidades individuales (pymes, mid-cap pequeñas (<500 trabajadores), emprendedores con intención de formalizar una pyme o pequeña mid-cap).	630,9	financiación mixta: -Componente de inversión: en forma de capital (0,5 – 15M€) - Subvención del 70% con un máximo de 2,5M€	05/10/2022
<b>EIC Accelerator Challenges</b> <a href="#">Technologies for Open Strategic Autonomy</a> [1]		536,9		

[1] New applications of quantum technologies on the ground and in space building on Europe's research strengths including the Quantum Flagship to put EU at the forefront of the second quantum revolution and leader in the deployment of such technologies as well as to support the EU Secure Connectivity initiative

Para más información: [European Innovation Council](#)

## Partenariados europeos

Los partenariados europeos (*European Partnerships*, EP) son iniciativas en las que la Unión Europea, junto con socios privados y/o públicos (industrias, organismos públicos o fundaciones) se comprometen a apoyar conjuntamente el desarrollo y ejecución de un programa integrado de actividades de investigación e innovación. El objetivo de los EP es mejorar y acelerar la implementación de nuevas soluciones innovadoras en diferentes sectores, movilizandolos recursos públicos y privados, contribuyendo significativamente a la consecución de las prioridades políticas de la UE.

## Key Digital Technologies Joint Undertaking (KDT JU)

**Objetivos:** la KDT JU apoya proyectos de I+D+i de componentes electrónicos y fotónicos y del software que define cómo funcionan como parte de un sistema. KDT JU publica dos topics abiertos para desarrollar proyectos de Innovación (IA) y otro para proyectos de Investigación (RIA) que cubran los retos identificados en su [Agenda Estratégica de Innovación](#). En la Agenda del 2022 hay un reto que incluye temas de cuántica: *Major Challenge 1 - Advanced computing, memory and in-memory computing concepts: Materials and substrates, process modules and integration technology for novel devices and circuits for advanced computing, memory and in-memory computing concepts based on nanoelectronic, photonic or quantum technology.*

**Beneficiarios:** consorcios de máximo 50 participantes para proyectos RIA y máximo 70 para IA (cualquier tipología de entidad de los países de la UE y/o Asociados).

**Tipo de ayudas:** en función del tipo de proyecto:

- Hasta 12M€ por proyecto RIA
- Hasta 25M€ por proyecto IA

En ambas modalidades, los porcentajes de ayuda por tipo de empresa son: 25% grandes empresas, 35% pymes, 35% universidades/otros. La ayuda total proviene, por una parte, de los fondos de la KDT JU, y, por otro, de financiación nacional. En el caso de España, hay 2 organismos que gestionan estos fondos:

- **Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital (MAETD):** apoya a empresas y otras entidades privadas. La siguiente tabla refleja los porcentajes máximos de ayuda cubiertos por el MAETD en base a los costes elegibles para la convocatoria de KDT:

Type of activity	Large enterprise / RTO	Medium enterprise / RTO	Small enterprise / RTO
<b>RIA (EPS) Research and Innovation Actions</b>	Up to 65% - JU%	Up to 75% - JU%	Up to 80% - JU%
<b>IA (EPS) Innovation Action</b>	Up to 40% - JU%	Up to 50% - JU%	Up to 60% - JU%

- **Agencia Estatal de Investigación (AEI) del Ministerio de Ciencia e Innovación:** apoya a entidades de naturaleza pública (Universidades Públicas y Organismos Públicos de Investigación). La ayuda máxima por participante es de 350.000€ o 40% de los costes totales de la parte española en el proyecto (lo que sea menor). Estas cantidades se incrementan para coordinadores españoles hasta 500.000€ o el 50% de los costes totales de la parte española (lo que sea menor).

**Fecha presentación:** 21/09/2022.

**Para más información:** [KDT JU](#)

## European High Performance Computing Joint Undertaking (EuroHPC JU)

**Objetivos:** para hacer de Europa un líder mundial en supercomputación, la HPC JU tiene como objetivos:

- ❖ Desarrollar, desplegar, ampliar y mantener en la UE un ecosistema, líder en el mundo, federado, seguro e hiperconectado de supercomputación, computación cuántica, servicios e infraestructura de datos.
- ❖ Apoyar el desarrollo y la asimilación de un sistema de supercomputación innovador y competitivo orientado a la demanda y al usuario, basado en una cadena de suministro que garantice componentes, tecnologías y conocimientos que limiten el riesgo de interrupciones y el desarrollo de una amplia gama de aplicaciones optimizadas para estos sistemas.
- ❖ Ampliar el uso de esa infraestructura de supercomputación a un gran número de usuarios públicos y privados y apoyar el desarrollo de competencias clave en materia de HPC para la ciencia y la industria europeas.

En la actualidad existen [29 proyectos](#) bajo esta iniciativa, además, la EuroHPC JU ha adquirido [siete superordenadores](#), repartidos por toda Europa. A fecha de hoy es posible optar por financiación en diversas convocatorias, si bien, en estos momentos no hay ninguna abierta relacionada con tecnologías cuánticas.

Para más información: [EuroHPC JU](#)

## EUREKA

Dentro del marco Eureka, podemos encontrar tres tipologías de oportunidades, **Eureka Network**, el **Cluster Celtic-Next** y **Eurostars**, donde todas ellas ofrecen un sello del programa y no una subvención que será gestionada a nivel nacional según cada País Eureka.

### EUREKA Network

Es una red intergubernamental de cooperación internacional que apoya proyectos de I+D orientados al mercado. Es posible presentar proyectos en cualquier momento del año con los países miembros del Programa, si bien es cierto que el CDTI participa en las llamadas Eureka específicas que son de varios tipos:

- Bilaterales: que buscan optimizar la sincronización entre las herramientas de financiación dedicadas a nivel nacional para los proyectos Eureka.
- Multilaterales: que pretenden generar proyectos en alguna temática concreta que sea de interés para un grupo de países o con algún país fuera de Eureka para favorecer la cooperación más allá de los países que pertenecen al Programa.

Para más información: [EUREKA Network](#)

### Cluster Celtic-Next

Este clúster es una iniciativa impulsada por la industria, que involucra a todos los principales actores de la industria de las TIC, así como a muchas PYME, proveedores de servicios e instituciones de investigación. Los consorcios de proyectos deben tener al menos dos socios diferentes de dos países EUREKA diferentes (uno debe ser un país miembro de EUREKA y otro un país miembro de EUREKA o un país asociado de EUREKA). Son típicamente entre 1M€ y hasta más de 70M€ en el presupuesto total del proyecto, e incluyen de 2 a más de 50 socios.

En España, el caso de Eureka Network y Celtic-Next, a través del sello EUREKA, la empresa o las empresas españolas del consorcio internacional tendrán que pedir su propia cofinanciación al CDTI que prevé un préstamo de hasta un 85% del presupuesto español, con un Tramo no reembolsable de hasta un 33% sobre un máximo del 75% del préstamo.

Para más información: [Celtic-Next](#)

## Eurostars

Eurostars es un programa de apoyo a PYMES innovadoras para el desarrollo de proyectos transnacionales colaborativos y orientados al mercado. Dichos proyectos deben representar una ruptura con el estado del arte técnico y un reto comercial tales que permitan a estas empresas dar un salto cualitativo importante en su posición en el mercado.

**Beneficiarios:** los consorcios (mínimo 2 entidades de 2 [países Eurostars](#)) tienen que estar liderados por pymes. El tipo de entidades que son elegibles para recibir financiación depende del país de origen de la entidad (consultar la web de Eurostars; [enlace de ejemplo para España](#)).

**Tipo de ayudas:** Se trata de un programa de evaluación centralizada e independiente, gestionada por el Secretariado de Eureka, y de financiación descentralizada y coordinada, en el que los socios de los proyectos aprobados reciben los fondos directamente de su organismo financiador nacional (el CDTI en el caso de España, a través de la convocatoria [Interempresas Internacional](#) concede subvenciones de hasta el 60% para empresas pequeñas y hasta el 50% para medianas, considerando un máximo de 400.000€ por entidad).

**Próximas fechas de cierre:** 15 septiembre 2022.

Para más información: [Eurostars](#)

## CEF (Connecting Europe Facility) Digital

**Objetivos:** el objetivo de CEF Digital es contribuir al desarrollo de proyectos relacionados con el despliegue de infraestructuras de alto rendimiento, seguras y sostenibles, incluidas las redes Gigabit y 5G. CEF Digital también contribuirá a aumentar la capacidad y la resiliencia de las infraestructuras troncales digitales en todos los territorios de la UE, así como a la digitalización de las redes de transporte y energía.

Dentro de las acciones previstas en CEF Digital, está la iniciativa **EuroQCI** (quantum communication infrastructure) de **infraestructuras de comunicación cuántica**. En este programa se co-financiarán los componentes de la red troncal terrestre, siendo complementario a lo desarrollado en Digital Europe, y estarán centradas en los enlaces transfronterizos entre dos o más redes nacionales de comunicación cuántica en los Estados Miembros y/o en la conexión de los segmentos terrestre y espacial del EuroQCI.

Del total de la financiación del CEF Digital para el EuroQCI, la suma de 110M€ se aplicará a la gestión indirecta y cubrirá la adquisición del segmento de infraestructura satelital de la iniciativa (una constelación de satélites de la UE).

Para más información: [CEF Digital](#)

## Fondo Europeo de Defensa

El objetivo del FED es fomentar la competitividad, la eficiencia y la capacidad de innovación e industrial europea de defensa (EDTIB) en toda la UE. Este objetivo se persigue fomentando las acciones de colaboración y la cooperación transfronteriza entre entidades de toda la UE (en particular las pymes y MIDCAPS).

En el marco del FED, se están llevando a cabo dos clases de proyectos:

- Proyectos de investigación colaborativa (acción de investigación), con el objetivo de maximizar la innovación e introducir nuevos productos y tecnologías de defensa (presupuesto 2.700M€).
- El desarrollo colaborativo de productos y tecnologías de defensa (acción de desarrollo), que en última instancia conduce a un aumento de la estandarización de los sistemas de defensa y a una mayor interoperabilidad entre los Estados miembros (presupuesto 5.300M€).

El FED se ejecuta a través de programas de trabajo anuales de 2021 a 2027. Las prioridades identificadas en el programa de trabajo anual están en consonancia con las prioridades de la Unión y los temas seleccionados se clasifican en:

### a) Categorías temáticas

1. Apoyo médico de defensa, Química Biológica Radiológica Nuclear (QBRN), biotecnología y factores humanos
2. Superioridad de la información
3. Sensores pasivos y activos avanzados
4. Cibernética
5. Espacio
6. Transformación digital
7. Materiales y componentes
8. Resiliencia energética y transición ambiental
9. Combate aéreo
10. Defensa aérea y antimisiles
11. Combate terrestre
12. Protección de la fuerza y movilidad
13. Combate naval
14. Guerra submarina
15. Simulación y formación

### b) Categorías no temáticas:

1. Tecnologías disruptivas
2. Convocatorias abiertas de soluciones de defensa innovadoras y orientadas al futuro

**Beneficiarios:** Con una excepción para la financiación de proyectos sobre tecnologías disruptivas, solo podrán recibir financiación **los proyectos de colaboración en los que participen al menos tres entidades elegibles de al menos tres Estados miembros o países asociados.**

**Tipo de ayudas:** entre el 20% y el 100% en función del tipo de actividad.

**Próximas fechas de cierre:** 24/11/2022. Se asignarán 924M€ en financiación para abordar la organización en torno a 33 temas estructurados a lo largo de 8 convocatorias de propuestas. En particular:

- Dos dominios críticos se pondrán en el centro de atención para apoyar el desarrollo de capacidades, el espacio, y combate naval.
- Se asignarán 70M€ a los esfuerzos de I+D en cada una de las dos categorías siguientes, Ciber, con el fin de mejorar las capacidades europeas en términos de conciencia situacional cibernética, ciberseguridad y resiliencia, y para desarrollar una caja de herramientas de ciber guerra e información de defensa, y superioridad de la información, para proyectos que contribuyan al desarrollo de un sistema europeo de mando y control y un puesto de mando de operaciones especiales desplegable. la interoperabilidad y el intercambio de datos entre los centros de control civiles y militares en el contexto del cielo único europeo.
- Acciones para apoyar a los emprendedores innovadores, las empresas emergentes y las pymes e incorporarlas al ecosistema industrial de la defensa, es decir, un mecanismo de equidad en materia de defensa, un reto tecnológico y un acuerdo marco de asociación químico, biológico, radiológico y nuclear (QBRN).

Para más información: [European Defence Fund](#)

## ERASMUS+

Erasmus+ es el programa de la UE en los ámbitos de la educación, la formación, la juventud y el deporte para el período 2021-2027. A través de 3 Acciones Clave (Key Actions), Erasmus+ ofrece oportunidades de movilidad y cooperación en los ámbitos de la educación superior, la educación y la formación profesionales, la educación de adultos y la educación escolar (incluida la atención y educación de la primera infancia), la juventud y el personal deportivo. Presta especial atención a la inclusión social, y a las transiciones ecológica y digital, así como al fomento de la participación de los jóvenes en la vida democrática.

- **ACCIÓN CLAVE 1.** Movilidad educativa de las personas
- **ACCIÓN CLAVE 2.** Cooperación entre organizaciones e instituciones
- **ACCIÓN CLAVE 3.** Respaldo al desarrollo de políticas y a la cooperación

Las convocatorias pueden ser gestionadas por la EACEA (acciones centralizadas) o por las Agencias Nacionales de cada país del programa (acciones descentralizadas). En España, la Agencia Nacional es SEPIE (Servicio Español para la Internacionalización de la Educación) para el ámbito de la educación e INJUVE para el ámbito de la juventud.

A continuación, se describen las convocatorias de la Acción Clave 2.

## Asociaciones de cooperación en los ámbitos de educación, formación y juventud

### Objetivos:

- Mejorar la calidad del trabajo, las actividades y las prácticas de las organizaciones e instituciones implicadas.
- Desarrollar la capacidad de las organizaciones para trabajar a nivel transnacional y entre sectores
- Atender a prioridades y necesidades comunes en los ámbitos de la educación, la formación, la juventud y el deporte
- Propiciar la transformación y el cambio dando lugar a mejoras y nuevos enfoques de manera proporcional al contexto de cada organización.

**Beneficiarios:** Mínimo 3 organizaciones (ámbitos de la educación, la formación, la juventud, el deporte u otros sectores socioeconómicos) de 3 países de la UE o asociados.

### Tipo de ayudas:

- ❖ Presentada por cualquier organización excepto ONGs (gestionada por SEPIE): entre 100.000€ y 400.000€
- ❖ Presentada por una ONG europea (gestionada por EACEA): importe fijo de 120.000€, 250.000€ o 400.000€.

## Asociaciones a pequeña escala en los ámbitos de educación, formación, y juventud

### Objetivos:

- Atraer y ampliar el acceso al programa a organizaciones de nueva incorporación, organizaciones menos experimentadas y agentes a pequeña escala.
- Apoyar la inclusión de grupos destinatarios con menos oportunidades.
- Apoyar la ciudadanía europea activa y acercar la dimensión europea al nivel local.

**Beneficiarios:** Mínimo de 2 organizaciones (ámbitos de la educación, la formación, la juventud, el deporte u otros sectores socioeconómicos) de 2 países del programa.

**Tipo de ayudas:** Importe fijo de 30.000€ o 60.000€.

## Alianzas para la innovación

**Objetivos:** Reforzar la capacidad de innovación de Europa impulsando la innovación a través de la cooperación y el flujo de conocimientos entre la educación superior, la educación y la formación profesional y el entorno socioeconómico más general, incluida la investigación. Asimismo, su objetivo es reforzar la enseñanza de nuevas capacidades y abordar los desajustes de capacidades diseñando y creando nuevos planes de estudio para la educación superior y la educación y la formación profesionales (EFP), apoyando el desarrollo del sentido de la iniciativa y mentalidades emprendedoras en la UE. 2 líneas de acción:

- **Lote 1. Alianzas para la Educación y las Empresas:** Proyectos transnacionales, estructurados y orientados a los resultados en los que los socios comparten metas comunes y trabajan juntos para impulsar la innovación, nuevas capacidades, el sentido de la iniciativa y mentalidades emprendedoras.
- **Lote 2. Alianzas para la Cooperación Sectorial sobre Capacidades:** Creación de nuevos enfoques y modelos de cooperación estratégicos para desarrollar soluciones concretas de desarrollo de capacidades en sectores económicos determinados o en ámbitos que pongan en práctica una de las acciones principales de la Agenda de Capacidades Europea en favor de la competitividad sostenible, la equidad social y la resiliencia, y el Pacto por las Capacidades. Estas Alianzas se pondrán en práctica en alguno de los **14 ecosistemas industriales** identificados (ver Guía del Programa Erasmus+).

**Beneficiarios:** Cualquier organización pública o privada:

- **Lote 1:** al menos 4 países del programa e implicar a un mínimo de 8 socios que incluya: al menos 3 agentes del mercado laboral y 3 proveedores de educación y formación.
- **Lote 2:** al menos 8 países del programa e incluir como mínimo 12 que incluya: al menos 5 agentes del mercado laboral y 5 proveedores de educación y formación

**Tipo de ayudas:**

- **Lote 1:** 1M€ (proyectos de 2 años) o 1,5M€ (proyectos de 3 años)
- **Lote 2:** 4M€ (proyectos de 4 años)

## Acciones Erasmus Mundus

**Objetivos:** promover la excelencia e internacionalización a nivel mundial de las instituciones de educación superior a través de programas de estudio —a nivel de máster— impartidos y reconocidos conjuntamente por instituciones de educación superior establecidas en Europa y abiertos a instituciones de otros países del mundo. Incluye 2 líneas de acción:

- **Lote 1:** Másteres conjuntos Erasmus Mundus (diseño e implementación de programas de máster conjuntos).
- **Lote 2:** Medidas de diseño Erasmus Mundus (diseño de programas de máster conjuntos)

### Beneficiarios:

- **Lote 1:** mínimo 3 instituciones de educación superior de 3 países distintos (al menos 2 de los países del programa).
- **Lote 2:** Cualquier institución de educación superior.

### Tipo de ayudas:

- **Lote 1:** importe calculado en base a costes institucionales, número máximo de becas para estudiantes, importe complementario a estudiantes con discapacidad (máximo 5M€).
- **Lote 2:** 55.000€.

Para más información: [Erasmus+](#)

EDITORES:



COLABORADORES:



Únete al Grupo de Trabajo de Información, Computación y  
Ciberseguridad Cuánticas de AMETIC  
Escríbenos a [innovacion@ametic.es](mailto:innovacion@ametic.es)

INFORME  
**LA ESPAÑA CUÁNTICA**

AMETIC 2022

**EDICIÓN**  
**2022**

Edición: 2022

Algunos elementos han sido diseñados usando imágenes de Freepik.com

© Todos los derechos reservados.

[www.ametic.es](http://www.ametic.es) | [ametic@ametic.es](mailto:ametic@ametic.es)

Príncipe de Vergara, 74, 4ª planta 28006  
MADRID

Tel. 91 590 23 00

Avda. Sarriá, 28, 1ª 08029  
BARCELONA

Tel. 93 241 80 603

