



Fondo Europeo de Desarrollo Regional
"Una manera de hacer Europa"

Webinar: Todo lo que siempre quisiste saber sobre computación cuántica



Objetivo:
**TRANSFORMACIÓN DIGITAL
DE TU EMPRESA**

Duración

2 años (hasta septiembre de 2023)

Objetivo

Ir de la mano de la pyme y autónomos para ayudarles en su transformación digital.

Beneficiarios

Pymes y autónomos. Multisectorial.

Líneas de actuación

de la Oficina de transformación

digital "Acelera Pyme"

Gratuito y acceso libre



JORNADAS DIVULGATIVAS EN TRANSFORMACIÓN DIGITAL

SERVICIO DE ASESORAMIENTO Y SOPORTE DIGITAL

SESIONES DE EMPRENDIMIENTO DIGITAL

VISITAS A EMPRESAS Y HABILITADORES TECNOLÓGICOS

VÍDEO PÍLDORAS TECNOLÓGICAS

FORO DE TRANSFORMACIÓN DIGITAL



Puedes participar en todas las acciones a través de la web WWW.OTDASTURIAS.ES

Dudas, preguntas => chat



Elías Fernández-Combarro

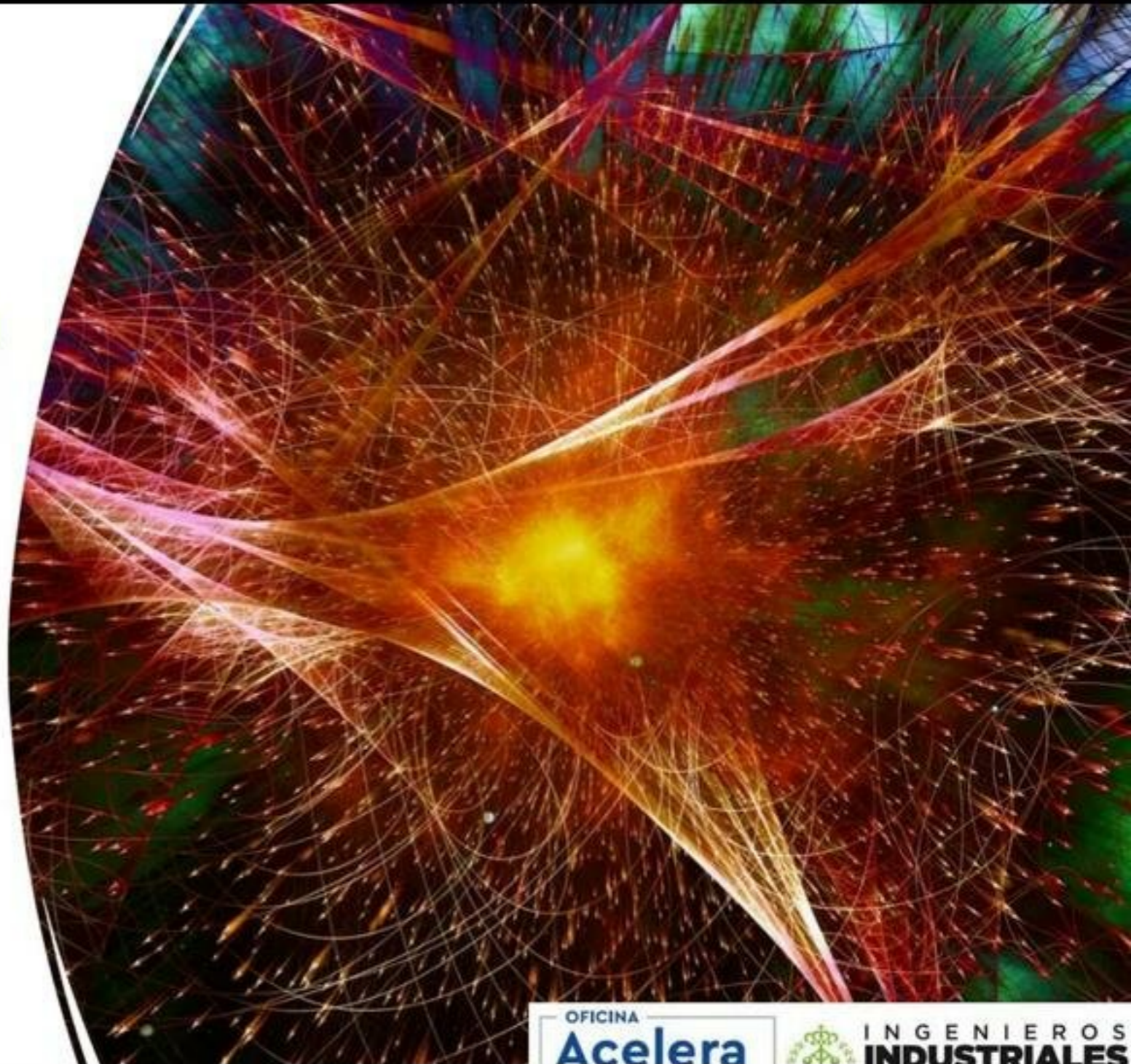
- Licenciado en Matemáticas e Informática. Ph.D. en Matemáticas.
- Profesor Titular Universidad de Oviedo.
- Fue Asociado de Cooperación en CERN openlab.
- Representante de España en el Consejo Asesor de CERN Quantum Technology Initiative, miembro del Consejo Asesor de SheQuantum y miembro del Think Tank Qspain.



Webinar: El Todo lo que siempre quisiste saber sobre computación cuántica

Programa:

- ¿Qué es la computación cuántica?
- Hardware y software para la computación cuántica.
- Aplicaciones de la computación cuántica.
- El futuro de la computación cuántica.
- Dudas y preguntas.





Sede del COIIAS (Oviedo)



Página web

www.otdasturias.es



RRSS

LinkedIn/Twitter/Fb/Instagram @coiias



Correo electrónico

otd@coiias.es

Suscribirse al boletín



Oficina de Transformación Digital “Acelera Pyme”



INGENIEROS
INDUSTRIALES
PRINCIPADO DE ASTURIAS



red.es



UNIÓN EUROPEA

Fondo Europeo de Desarrollo Regional

“Una manera de hacer Europa”



INGENIEROS
INDUSTRIALES
COLEGIO OFICIAL PRINCIPADO DE ASTURIAS

Fondo Europeo de Desarrollo Regional
"Una manera de hacer Europa"

¡Gracias por Vuestra
Atención!



GOBIERNO
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA
PRIMERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
DE ASUNTOS ECONÓMICOS
Y TRANSFORMACIÓN DIGITAL

SECRETARÍA DE ESTADO
DE DIGITALIZACIÓN
E INTELIGENCIA ARTIFICIAL

red.es



UNIÓN EUROPEA

OFICINA
Acelera
pyme

Oficina de
Transformación Digital
"Acelera Pyme" del
COIIAS

OFICINA
Acelera



INGENIEROS
INDUSTRIALES

COPIA del tema 1 de 201
COPIA del tema 1 de 201

**Todo lo que siempre quisiste saber sobre
la computación cuántica (y nunca te
atreviste a preguntar)**

Elías F. Combarro (Universidad de Oviedo - CERN)
efernandezca@uniovi.es

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Asturias
14 de septiembre de 2022



Universidad de Oviedo

¿Por qué computación cuántica?

Northeastern University Receives a \$3.5 Million Grant to Establish the Experiential Quantum Advancement Laboratories (EQUAL)

Canadian startups are taking quantum computing mainstream

POLSKY CENTER'S DUALITY PROGRAM GRADUATES FIRST QUANTUM COMPUTING COHORT

Separating quantum hype from quantum reality



DEVELOPMENT

Baidu Announces Superconducting Quantum Computer and Integration Solution

LIKE DISCUSS

SEP 01, 2022 • 1 MIN READ

PRESS RELEASE | Sept. 7, 2022

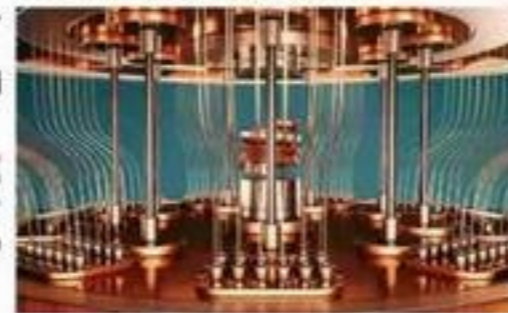
NSA Releases Future Quantum-Resistant (QR) Algorithm Requirements for National Security Systems

The National Security Agency (NSA) released the "Commercial National Security Algorithm Suite 2.0" (CNSA 2.0 Cybersecurity Advisory (CSA) today to help National Security Systems (NSS) owners, operators and vendors of the full, quantum-resistant (QR) algorithms requirements for NSS — networks that contain classified information or are otherwise critical to military and intelligence activities.

COMPANIES

Quantum computing: a new industrial revolution

Quantum computing is a massive leap forward for medicine, logistics, and finance but poses serious questions for cybersecurity and cryptocommunications.



IonQ, Airbus Sign Agreement to Collaborate on Aircraft Loading Project using Quantum Computing

- Yearlong project to explore development of quantum-derived algorithms for improved aircraft loading experiences

ARGUMENT

An expert's point of view on a current event.

Why Quantum Computing Is Even More Dangerous Than Artificial Intelligence

The world already failed to regulate AI. Let's not repeat that epic mistake.

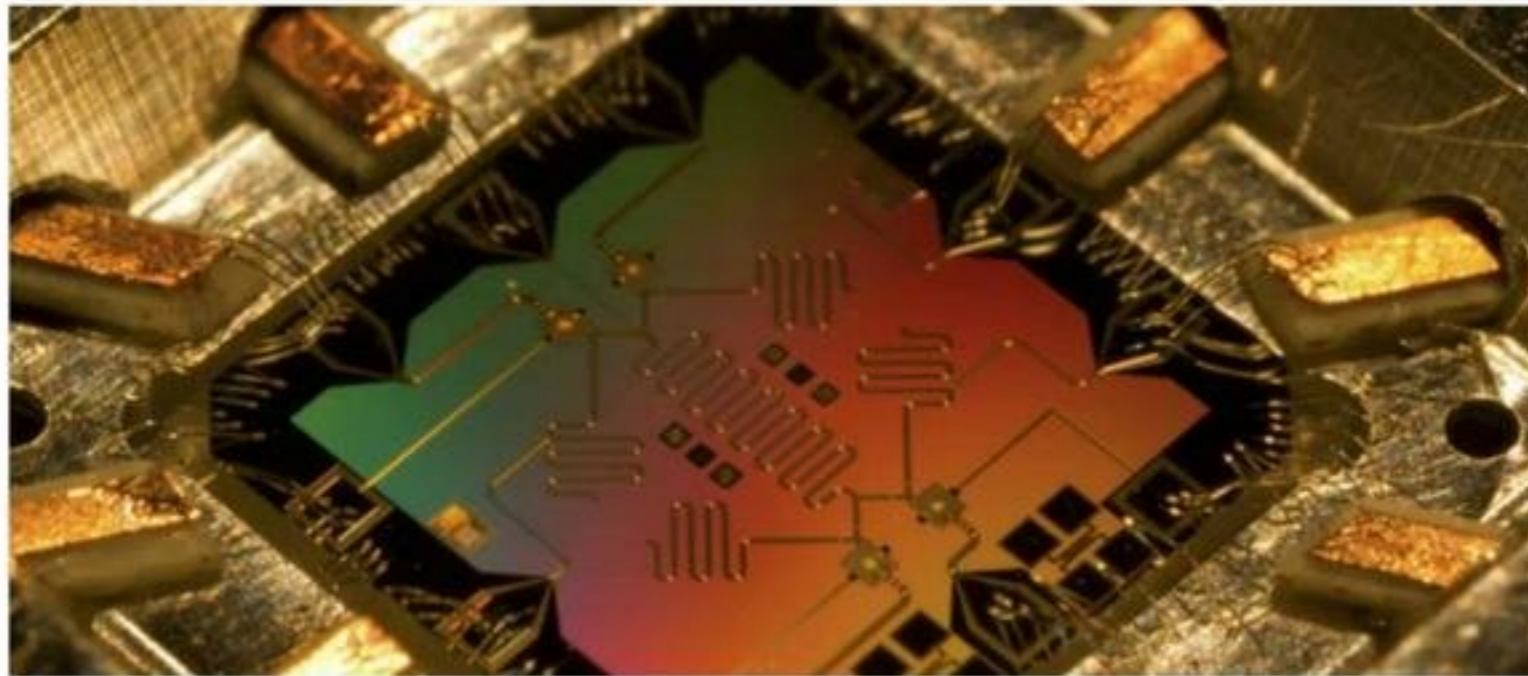
By [Yusef Wadwan](#), a columnist at Foreign Policy, entrepreneur, and author, and [Nicolas Egan](#), a fellow and visiting scholar at Stanford University.



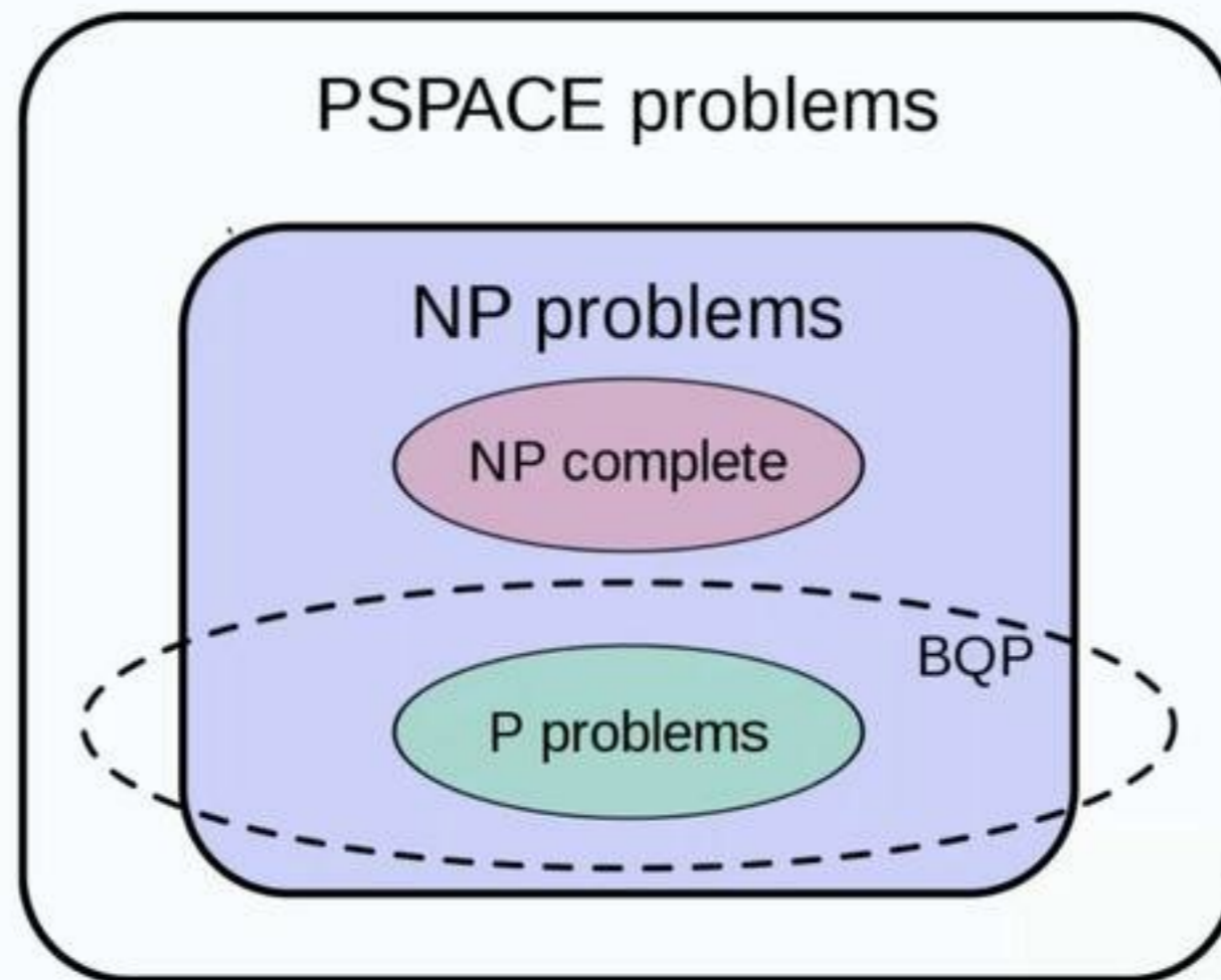
¿Qué es la computación cuántica?

Computación cuántica

La computación cuántica es un paradigma de computación que explota las propiedades de la mecánica cuántica (superposición, entrelazamiento, interferencia...) para realizar cálculos

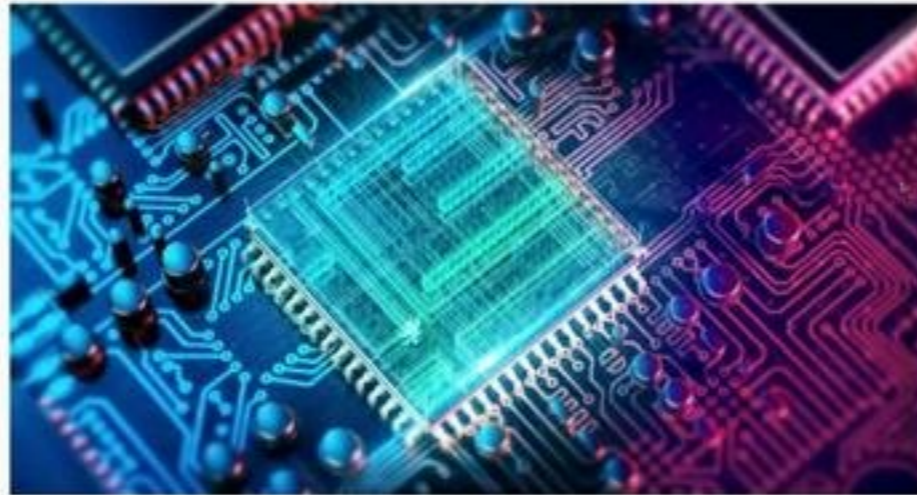


¿Qué relación hay entre la computación clásica y la cuántica en términos de complejidad?



¿Dónde podemos utilizar computación cuántica?

- Comunicaciones y ciberseguridad
- Problemas de búsqueda
- Resolución de sistemas de ecuaciones lineales
- Quantum Machine Learning
- Simulación de procesos químicos y físicos
- Aproximación en problemas de optimización

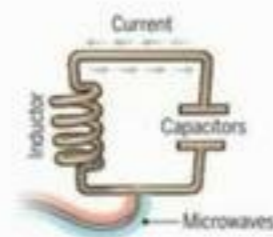


Elementos de la computación cuántica

- Toda computación tiene tres elementos: datos, operaciones y resultados.
- En la computación cuántica, estos elementos se corresponden con los siguientes conceptos:
 - Datos = **qubits** (vectores de números complejos)
 - Operaciones = **puertas cuánticas** (matrices unitarias)
 - Resultados = **mediciones** (proyecciones)
- Todos ellos se rigen por las leyes de la mecánica cuántica, por lo que pueden ser contrarios a la intuición



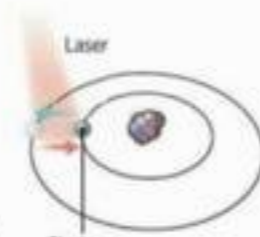
¿Qué tecnologías se usan para construir ordenadores cuánticos?



Superconducting loops

Company support
Google, IBM, Quantum Circuits

- Pros**
Fast working. Build on existing semiconductor industry.
- Cons**
Collapse easily and must be kept cold.



Trapped ions

Company support
IonQ

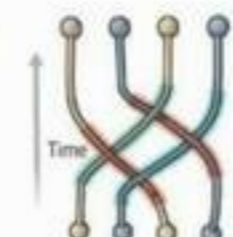
- Pros**
Very stable. Highest achieved gate fidelities.
- Cons**
Slow operation. Many lasers are needed.



Silicon quantum dots

Company support
Intel

- Pros**
Stable. Build on existing semiconductor industry.
- Cons**
Only a few entangled. Must be kept cold.



Topological qubits

Company support
Microsoft, Bell Labs

- Pros**
Greatly reduce errors.
- Cons**
Existence not yet confirmed.



Diamond vacancies

Company support
Quantum Diamond Technologies

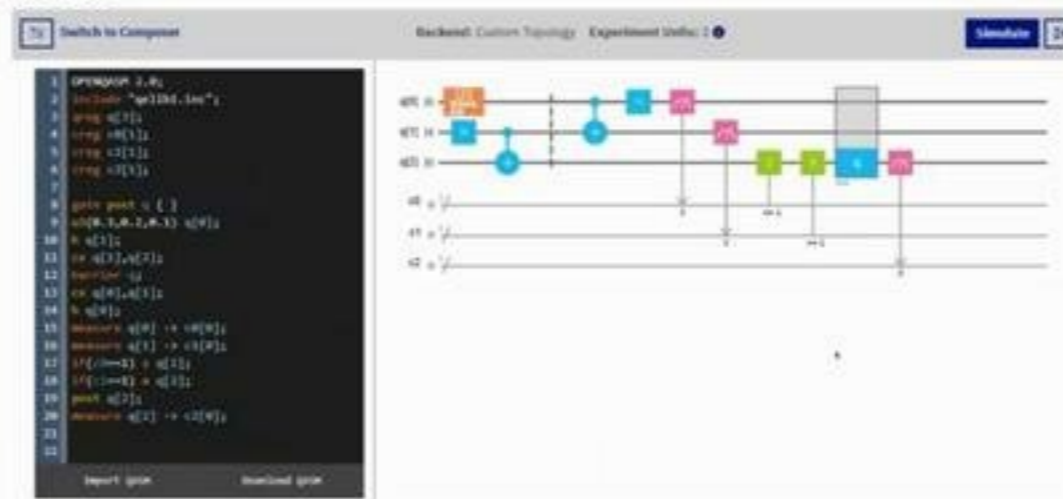
- Pros**
Can operate at room temperature.
- Cons**
Difficult to entangle.

Así es un ordenador cuántico



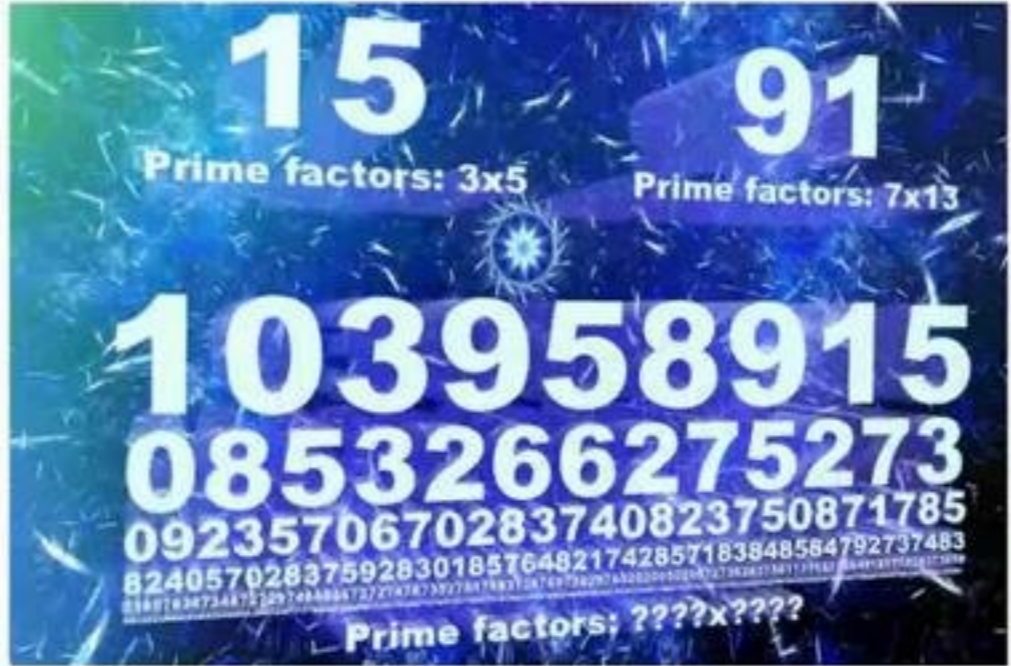
¿Cómo se programa un ordenador cuántico?

- Distintos lenguajes y frameworks de programación:
 - qasm
 - Qiskit (IBM)
 - Cirq (Google)
 - Forest/pyqil (Rigetti)
 - Q# (Microsoft)
 - Ocean (D-Wave)
 - PennyLane (Xanadu)
 - ...
- La mayor parte orientados a la especificación de circuitos cuánticos



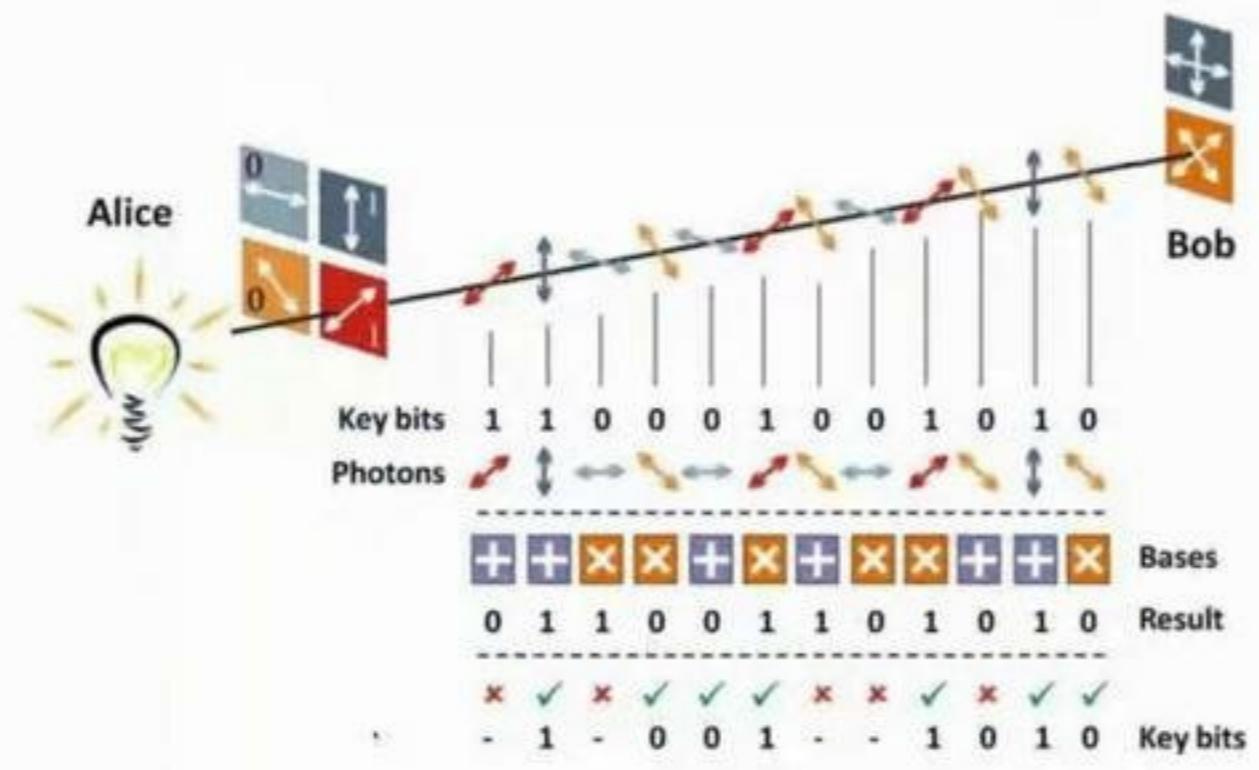
El algoritmo de Shor

- El algoritmo de Shor es el algoritmo cuántico más famoso
- Permite hallar factores de números de n bits en tiempo $O(n^2(\log n)(\log \log n))$
- El mejor algoritmo clásico conocido tiene una complejidad $O(e^{cn^{1/3}}(\log n)^2)$
- Importantes consecuencias para la criptografía (RSA, Diffie-Helman)



Distribución cuántica de clave

- One-time pad: seguridad incondicional
- Quantum Key Distribution (QKD): distribución segura de claves
- Protocolos: BB84, E91, B92, SARG04...



Generación cuántica de números aleatorios

- Dispositivos dedicados (ID Quantique, RandomPower...)
- Generación mediante ordenadores cuánticos
- Aplicaciones en criptografía, juegos, simulaciones...



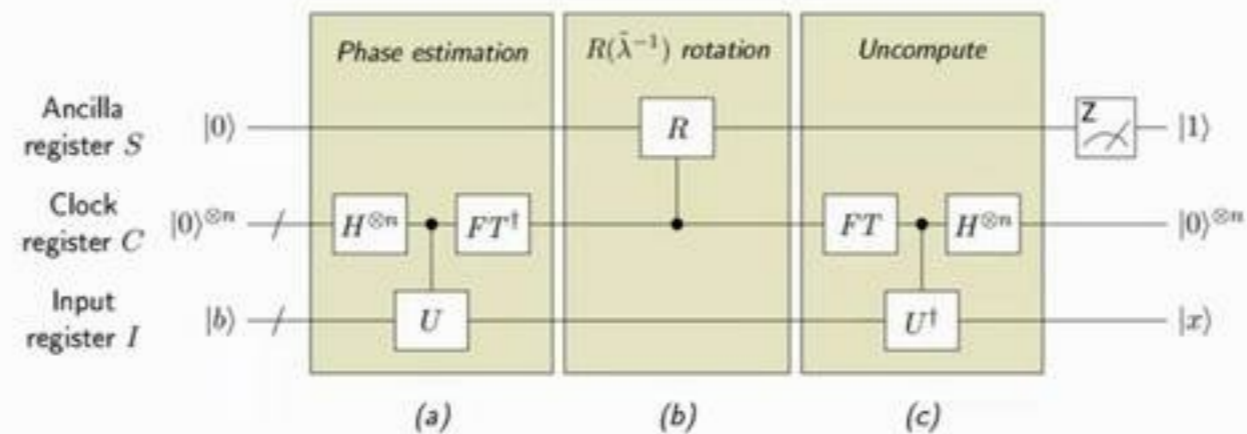
El algoritmo de Grover

- El algoritmo de Grover permite resolver problemas de búsqueda
- Contamos con una lista (no estructurada) de N elementos
- De ellos, uno cumple una cierta condición y queremos encontrarlo
- Un algoritmo clásico necesitará $O(N)$ consultas de la lista
- El algoritmo de Grover requiere solo $O(\sqrt{N})$ consultas



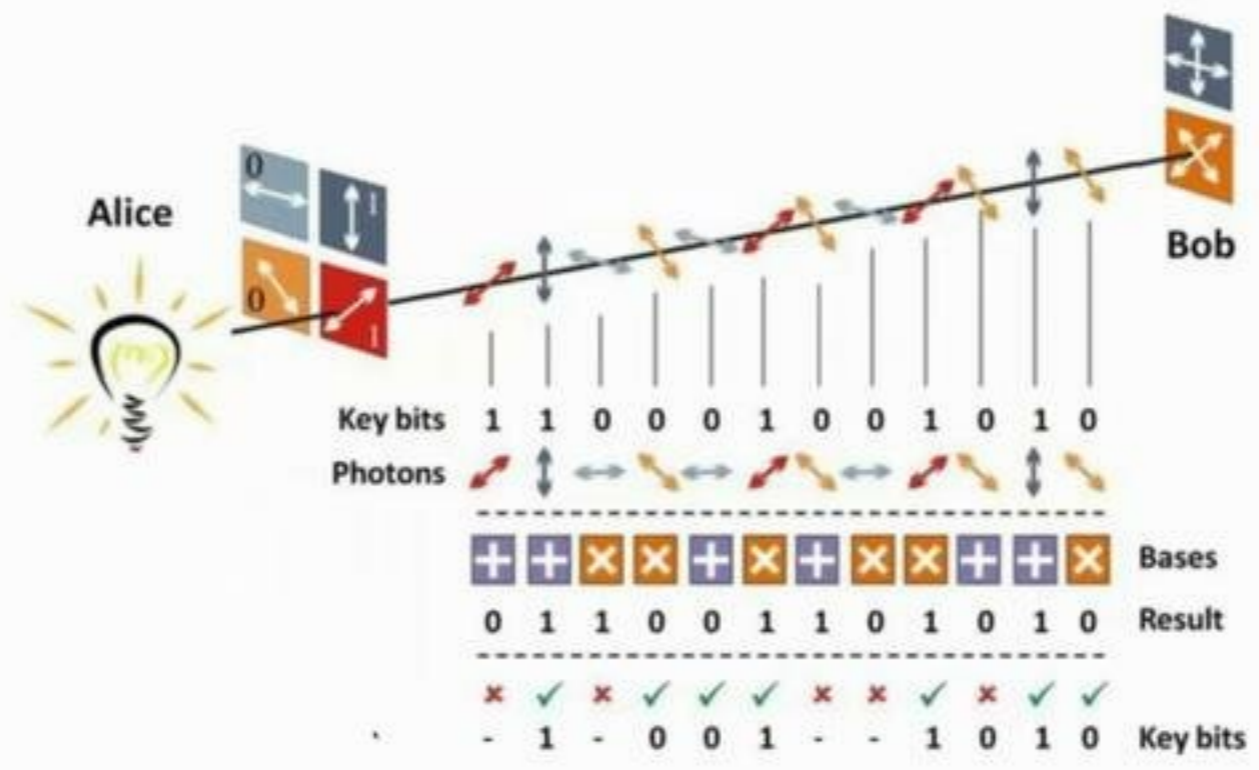
El algoritmo HHL

- Permite muestrear estados solución de sistemas de ecuaciones lineales
- Bajo ciertas condiciones, ganancia exponencial
- Aplicaciones en inteligencia artificial, simulación, ingeniería...



Distribución cuántica de clave

- One-time pad: seguridad incondicional
- Quantum Key Distribution (QKD): distribución segura de claves
- Protocolos: BB84, E91, B92, SARG04...



Quantum Annealing

- Implementación práctica de computación adiabática
- Quantum annealers: ordenadores de propósito específico
- QUBO: Quadratic Unconstrained Binary Optimization (NP-duro)
- Aplicaciones en optimización (finanzas, logística, inteligencia artificial...)



Aplicaciones del Quantum Annealing



Save-On-Foods Quantum Computing in Grocery

Save-On-Foods

[Retail, Optimization](#)

Western Canadian grocery retailer Save-On-Foods is using hybrid quantum algorithms to bring grocery optimization solutions to their business, with pilot tests underway. The company has been able to reduce the time an important optimization task takes from 25 hours to a mere 2 minutes of calculations each week. Even more important than the reduction in time is the ability to optimize performance configuring all interactions - this is simply not possible using traditional methods.



Paint shop optimization with quantum annealing

Volkswagen

[Manufacturing, Optimization](#)

In this talk we present a short overview of recent quantum applications in VW. Using the Quantum Shuttle project as motivation, we show how to construct live quantum optimization services for production applications. Specifically, we showcase a new application—the multi-car paint shop problem—and provide a live demo of this optimization system with real-world data.



Designing Peptide Therapeutics on a Quantum Computer

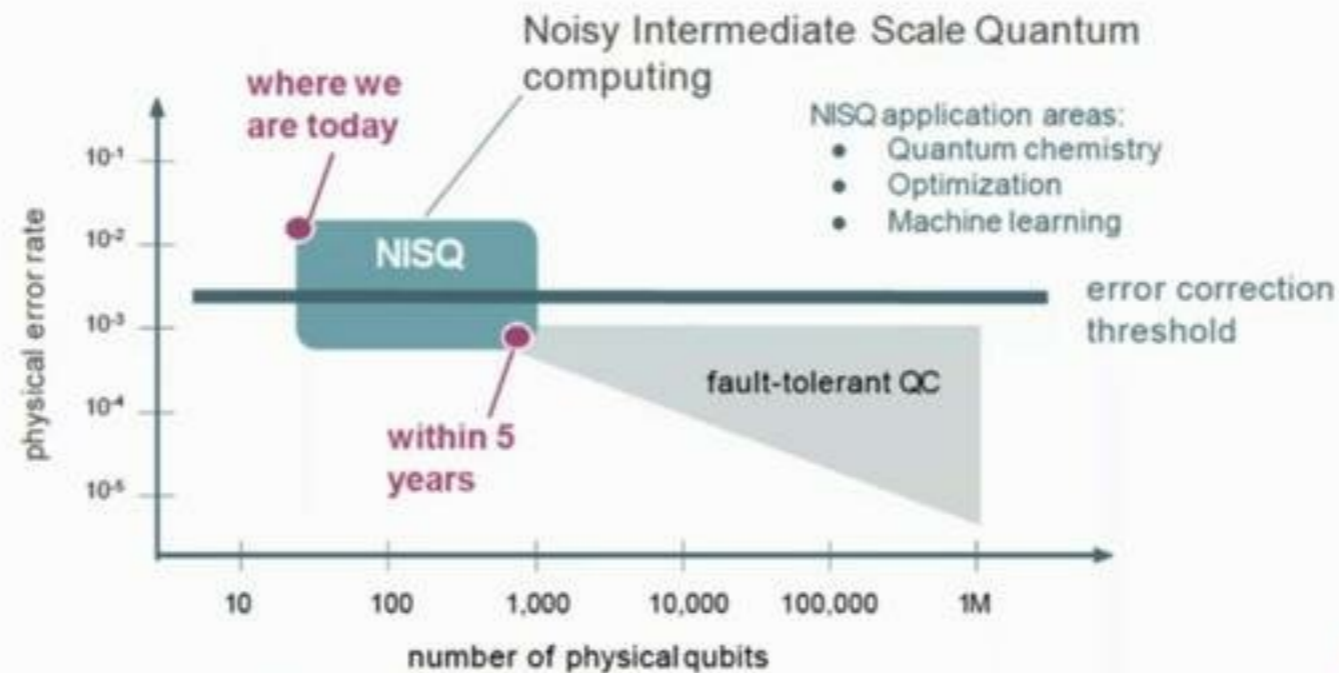
Menten AI

[Science & Healthcare, Optimization](#)

Peptides are mid-size molecules composed of amino acids and constitute some of nature's best drugs. However, peptides with enhanced drug properties (e.g. resistance to degradation, binding affinity) may lie outside of the space explored by nature and designing these mid-size molecules computationally remains a challenge due to the astronomical search space and complex energy dynamics. Here, we explore how quantum annealing and

La era NISQ

- NISQ: Noisy Intermediate-Scale Quantum devices

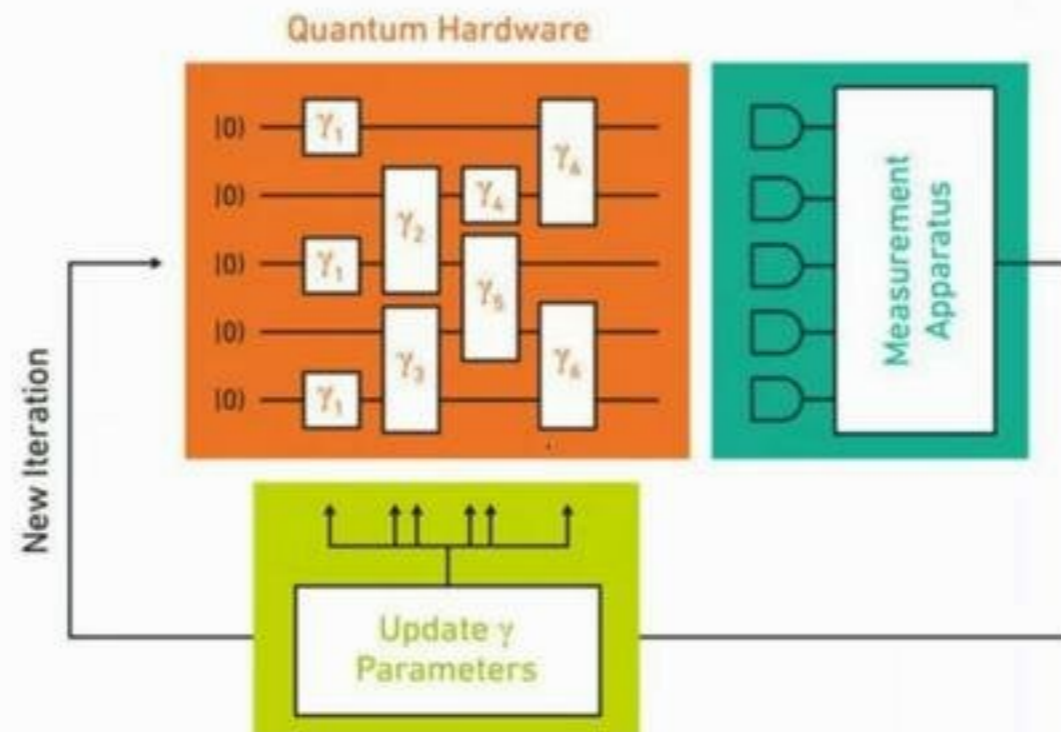


"Quantum computing in the NISQ era and beyond" Preskill, 2018 <https://arxiv.org/abs/1801.00862>



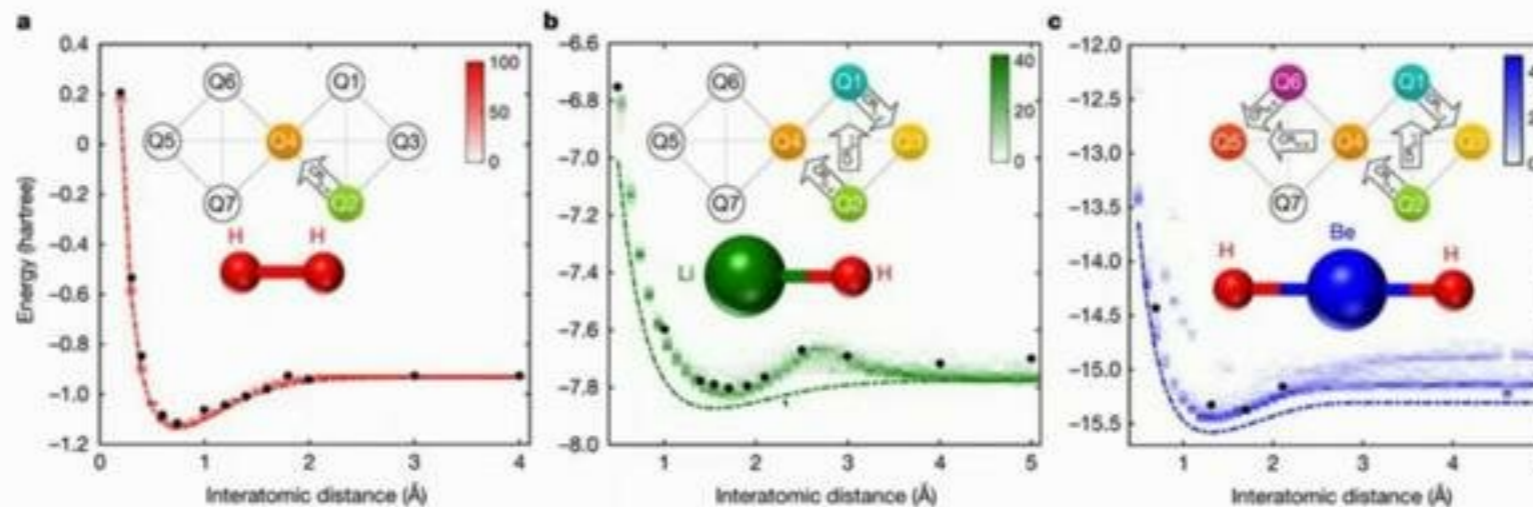
Variational Quantum Eigensolver

- Método híbrido cuántico-clásico
- Usa circuitos parametrizados (formas variacionales)
- Permite obtener aproximaciones del estado de mínima energía de un hamiltoniano
- Aplicaciones en química, física, optimización...



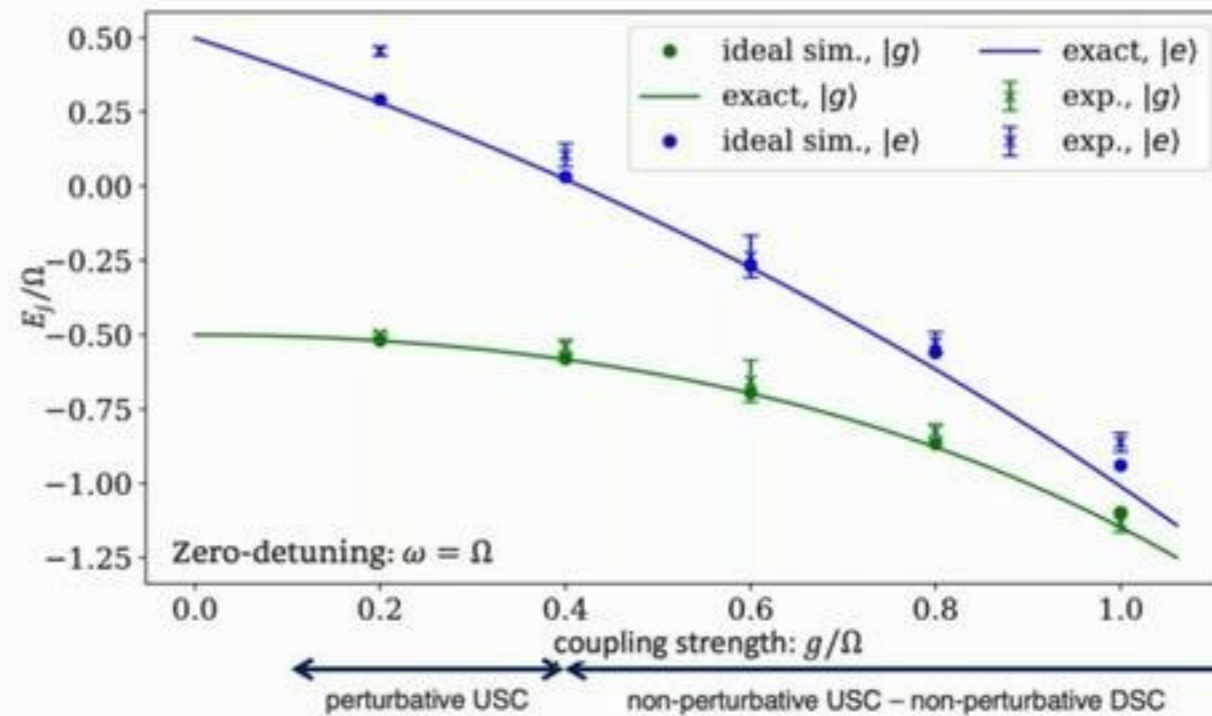
Variational Quantum Eigensolver en Química

- Se usa un ansatz parametrizado
- Una aplicación: determinar el estado de mínima energía de una molécula en función de la distancia interatómica



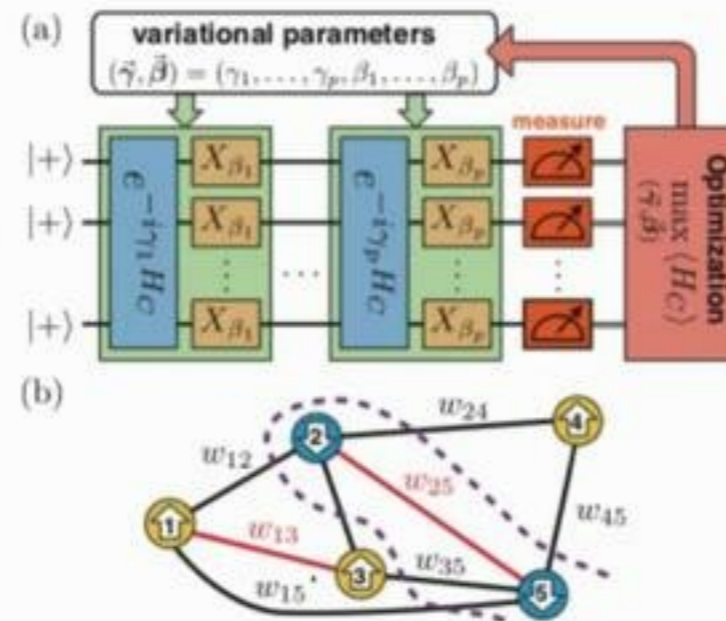
Variational Quantum Eigensolver en Física

- Ejemplo en física: hamiltoniano de Rabi
- También se pueden hallar estados excitados



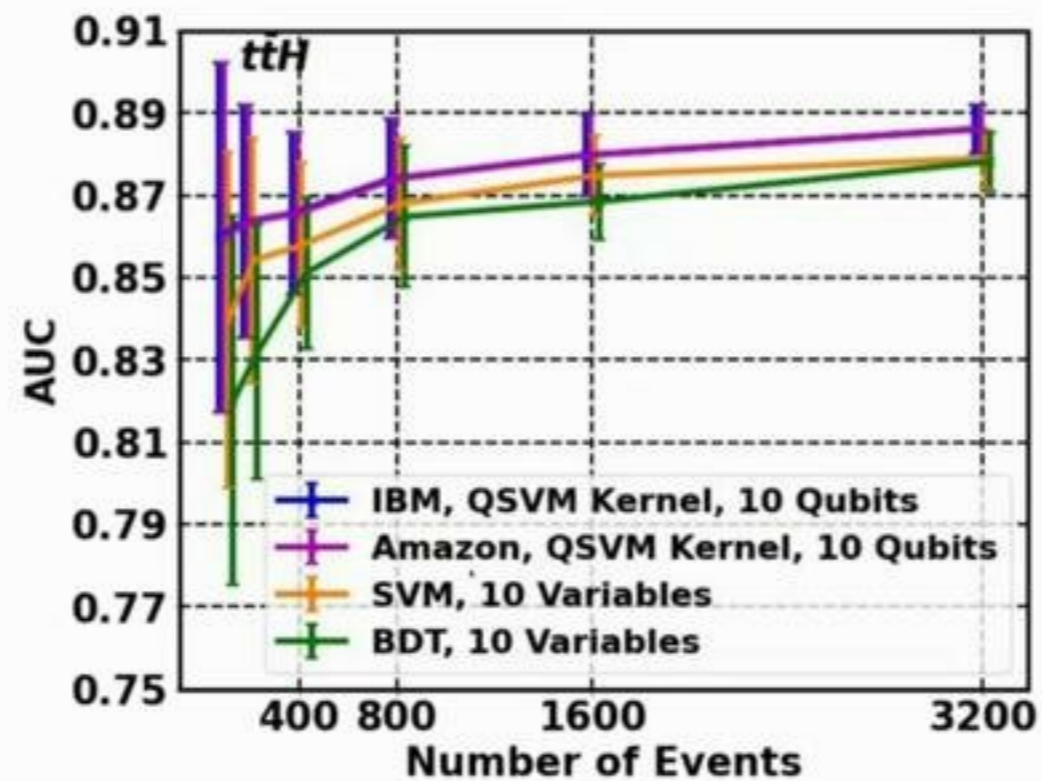
Quantum Approximate Optimization Algorithm

- Caso particular del VQE
- Versión digital del quantum annealing
- Aplicaciones en optimización



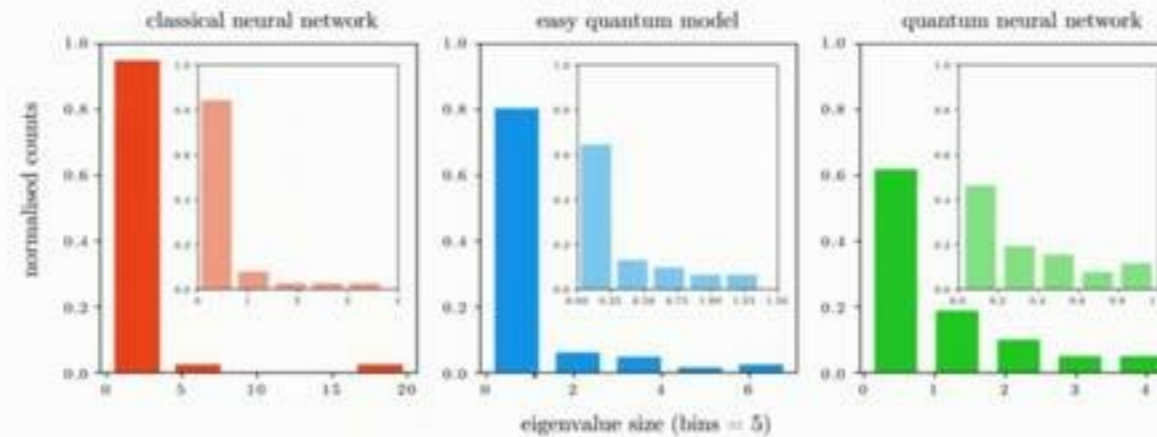
Quantum Support Vector Machines

- Versión cuántica de las máquinas de vectores de soporte (SVM)
- Problemas de clasificación (aprendizaje supervisado)
- Método híbrido cuántico-clásico
- Usa un kernel cuántico



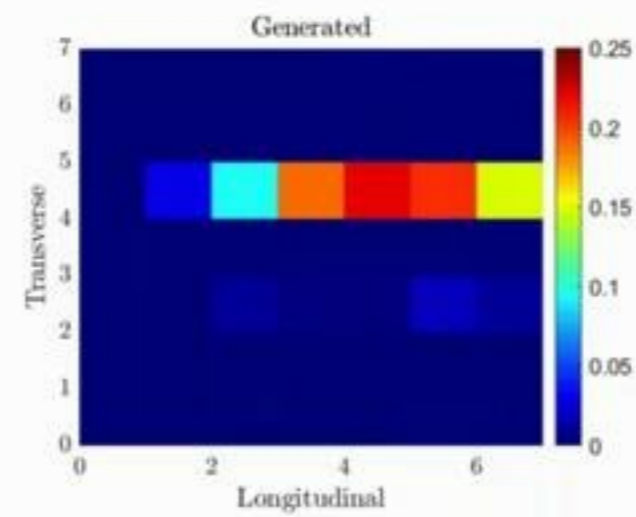
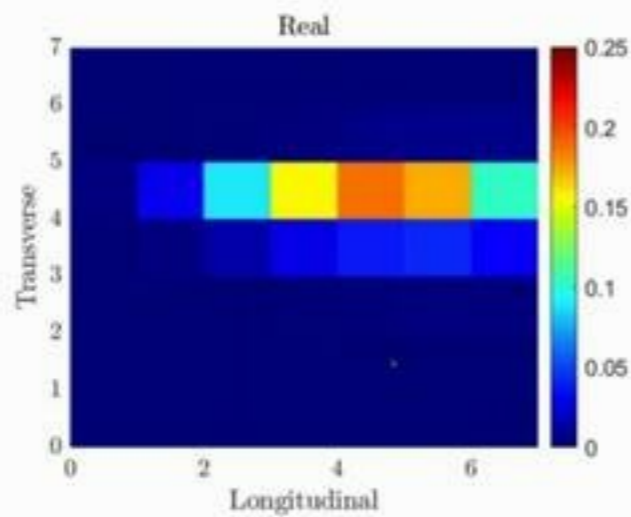
Quantum Neural Networks

- Circuitos cuánticos parametrizados
- Feature map: codificación de los datos
- Variational form: parte entrenable
- Resultados teóricos recientes apuntan a una ventaja cuántica en expresividad y en cantidad de datos necesarios



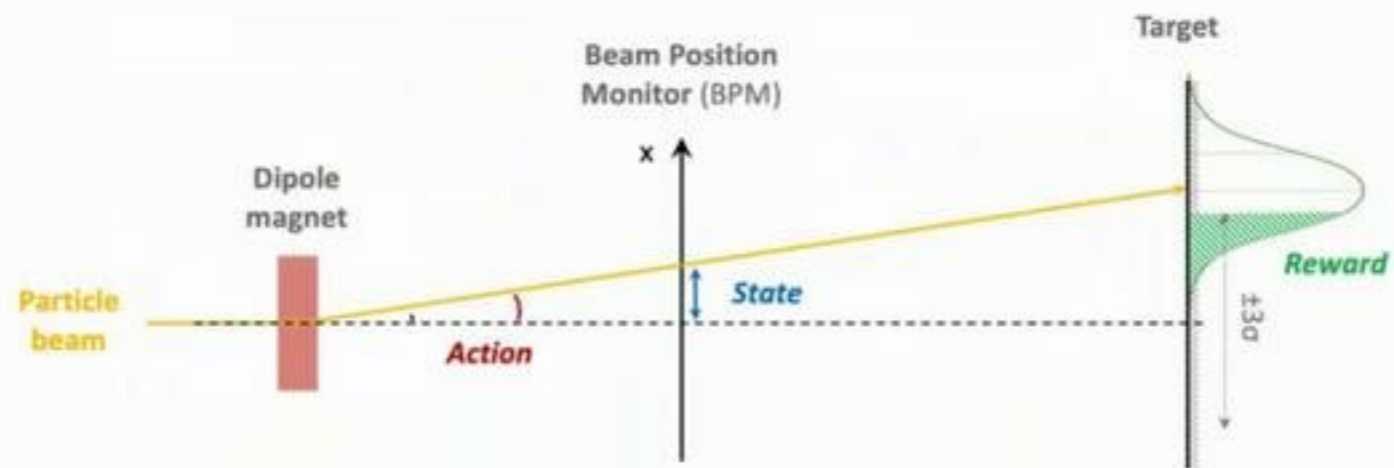
Quantum Generative Adversarial Networks

- Modelos generativos
- Dos componentes: generador y discriminador
- Pueden ser híbridos



Quantum Boltzmann Machines

- Aprendizaje por refuerzo
- Energía libre de una QBM
- Alineamiento en CERN Super Proton Synchrotron
- Entrenamiento con menos interacciones con el entorno



Quantum and High Performance Computing Group

- Grupo de investigación de la Universidad de Oviedo (<https://qhpc.uniovi.es/>)
- Proyectos con:
 - CERN
 - Universidad ETH Zürich
 - Universidad de Cambridge
 - Universidad EPF Laussane
 - Cambridge Quantum Computing
 - Fundación CTIC
 - Instituto Tecnológico de Castilla y León
 - ...



El proyecto Quantum Spain



El futuro está por construir

