

Computación Cuántica

Pablo Solano



Computación

1

Cuántica

2

Computación

1

¿Qué es computación?

La acción de realizar un cálculo matemático.

¿Qué es computación?

La acción de realizar un cálculo matemático.



1940'

¿Qué es un computador (convencional)?

Máquina que realiza cálculos matemáticos.

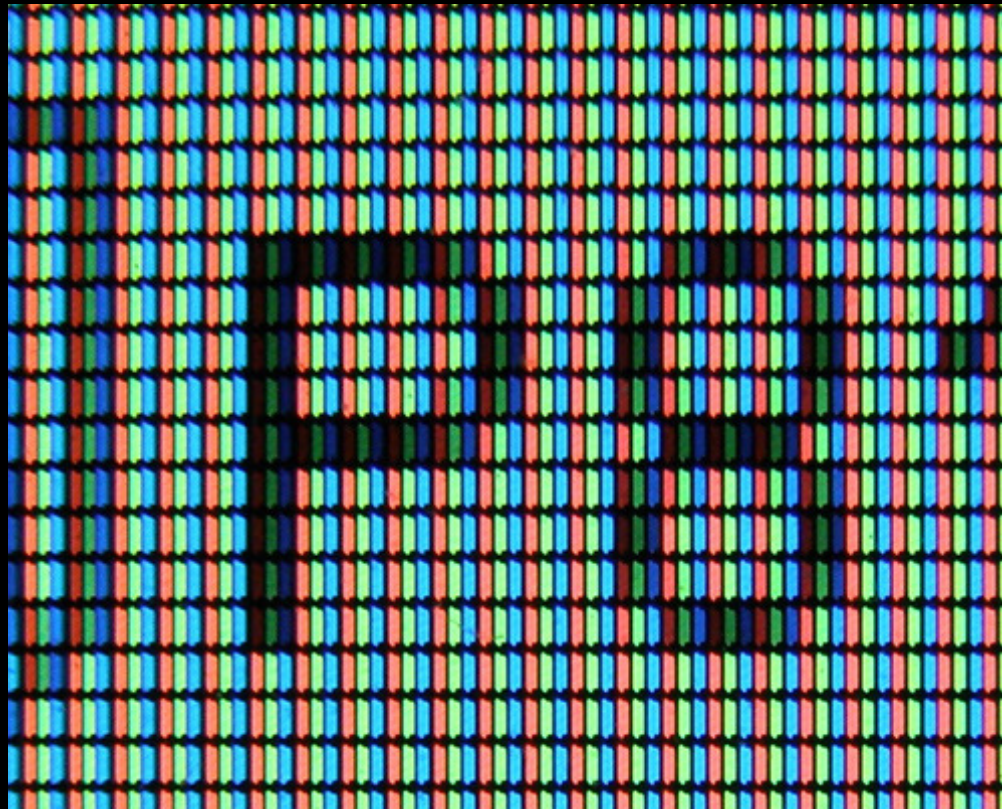
¿Qué es un computador (convencional)?

Máquina que realiza cálculos matemáticos.



¿Qué es un computador (convencional)?

Máquina que realiza cálculos matemáticos.



¿Qué es un computador (convencional)?

Máquina que realiza cálculos matemáticos.



¡Son todos números!

¿Cómo funciona un computador?

Computadores convencionales utilizan electrónica, que procesa un conjunto de señales de **prendido y apagado** (código binario).

¿Cómo funciona un computador?

Computadores convencionales utilizan electrónica, que procesa un conjunto de señales de **prendido y apagado** (código binario).

```
1100010111101101011010011011
0100110101100011100000001000
1010100011100111000000000101
0001110010000000001111110100
1110110000111110000110000100
0100100110110011111001001100
1010111110001100110101110001
0100101100011010000101100100
0000000000011000111101100011
1100000001100001011000110000
```

¿Cómo funciona un computador?

Computadores convencionales utilizan electrónica, que procesa un conjunto de señales de **prendido y apagado** (código binario).

```
1100010111101101011010011011
0100110101100011100000001000
1010100011100111000000000101
0001110010000000001111110100
1110110000111110000110000100
0100100110110011111001001100
1010111110001100110101110001
0100101100011010000101100100
0000000000011000111101100011
1100000001100001011000110000
```

0000	0	1000	8
0001	1	1001	9
0010	2	1010	A
0011	3	1011	B
0100	4	1100	C
0101	5	1101	D
0110	6	1110	E
0111	7	1111	F

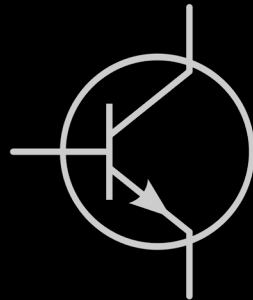
¿Cómo funciona un computador?

Computadores convencionales utilizan electrónica, que procesa un conjunto de señales de **prendido y apagado** (código binario).

La unidad mínima de información de un computador es un **bit**, este puede ser un señal de prendido o apagado.

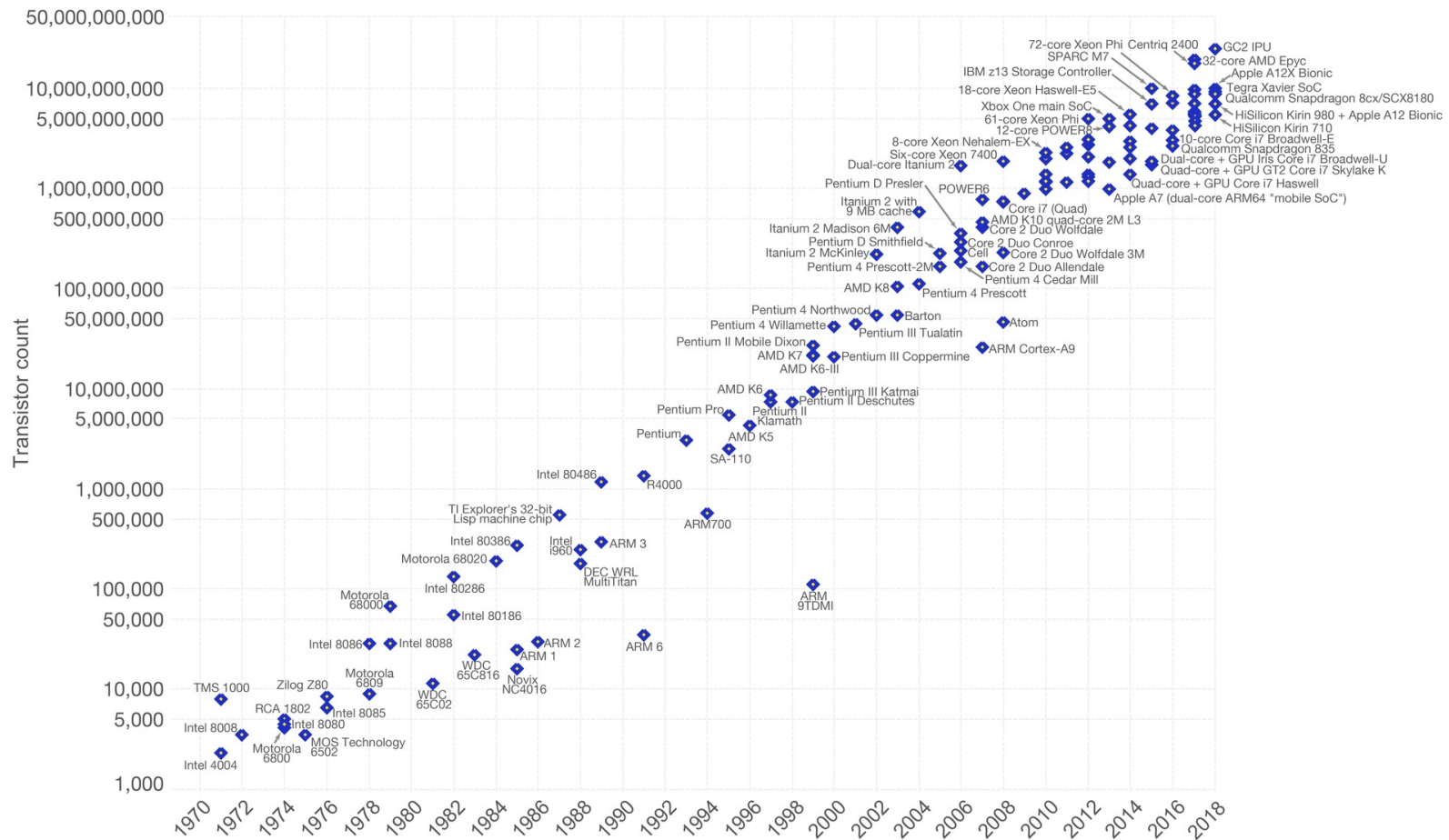
¿Cómo funciona un computador?

Físicamente, un **bit** es un transistor permite o no el paso de corriente (correspondiente 1 y 0)



Moore's Law – The number of transistors on integrated circuit chips (1971-2018)

Moore's law describes the empirical regularity that the number of transistors on integrated circuits doubles approximately every two years. This advancement is important as other aspects of technological progress – such as processing speed or the price of electronic products – are linked to Moore's law.

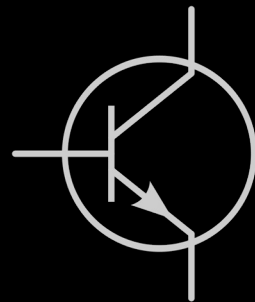


Data source: Wikipedia (https://en.wikipedia.org/wiki/Transistor_count)
 The data visualization is available at [OurWorldinData.org](https://www.ourworldindata.org). There you find more visualizations and research on this topic.

Licensed under CC-BY-SA by the author Max Roser.

¿Cómo funciona un computador?

Físicamente, un **bit** es un transistor que permite o no el paso de corriente (correspondiente a 1 y 0)



~ 70 átomos
~14 nm

¿Cómo funciona un computador?

Físicamente, un **bit** es un transistor que permite o no el paso de corriente (correspondiente a 1 y 0)

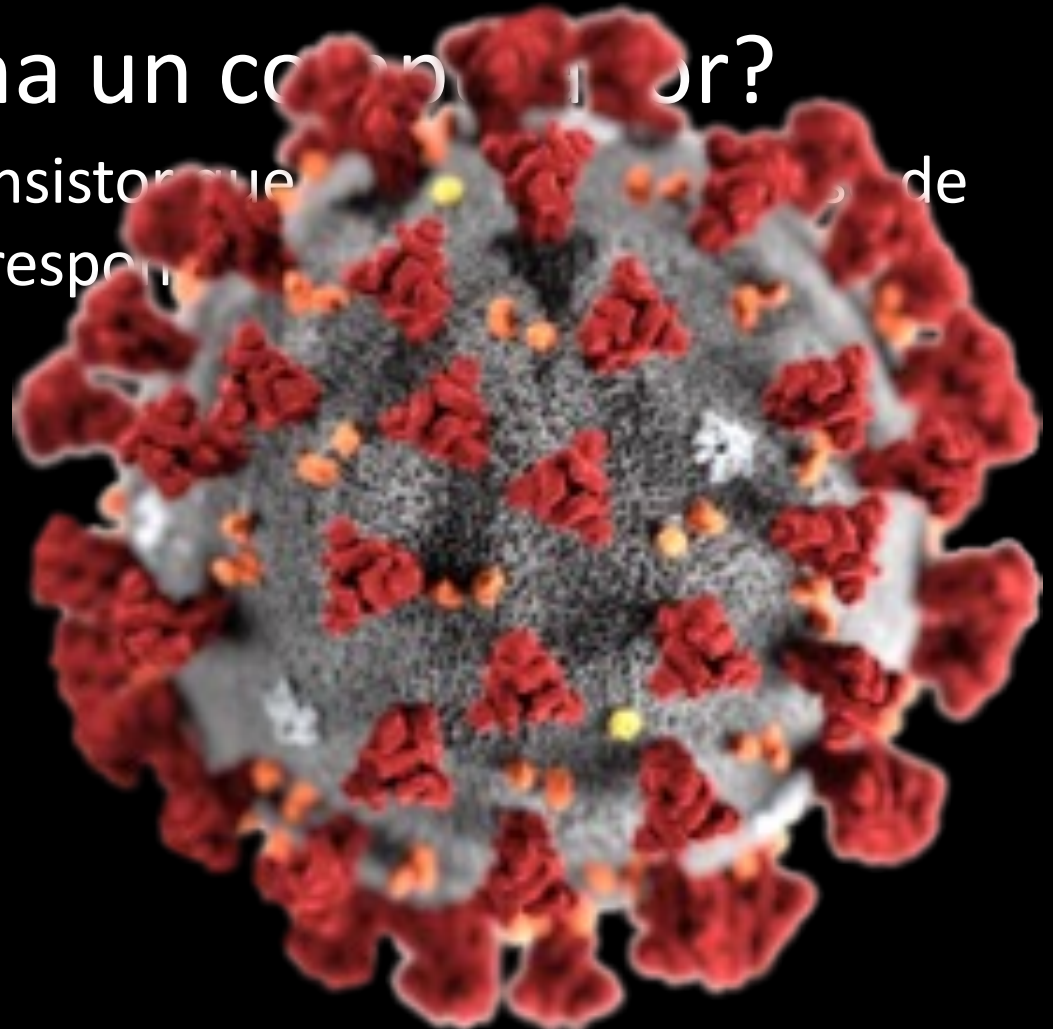
~ 70 átomos
~14 nm



¿Cómo funciona un computador?

Físicamente, un **bit** es un transistor que puede conducir o no de corriente (correspondiente a los estados 0 y 1).

~ 70 átomos
~14 nm



Computación

1

Cuántica

2

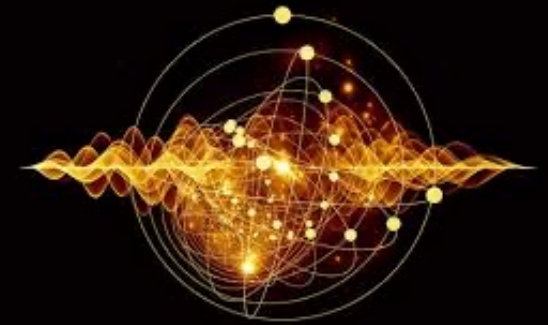
Cuántica

2

¿Qué es la Mecánica Cuántica?

¿Qué es la Mecánica Cuántica?

Google:



¿Qué es la Mecánica Cuántica?

Wikipedia:

La **mecánica cuántica** es la rama de la física que estudia la naturaleza a **escalas espaciales pequeñas**, los sistemas atómicos y subatómicos

¿Qué es la Mecánica Cuántica?

Wikipedia:

La **mecánica cuántica** es la rama de la física que estudia la naturaleza a **escalas espaciales pequeñas**, los sistemas atómicos y subatómicos



¿Qué es la Mecánica Cuántica?

La **mecánica cuántica** es una teoría fundamental en física que describe la naturaleza en las **escalas de energía más pequeñas**.

¿Qué es la Mecánica Cuántica?

La **mecánica cuántica** es una teoría fundamental en física que describe la naturaleza en las **escalas de energía más pequeñas**.

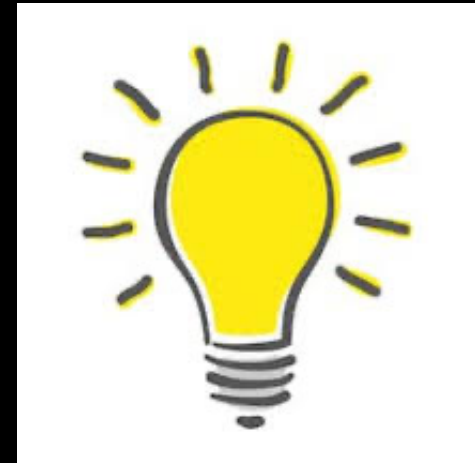


¿Qué es la Mecánica Cuántica?

Cuantización: La energía de un sistema es discreta

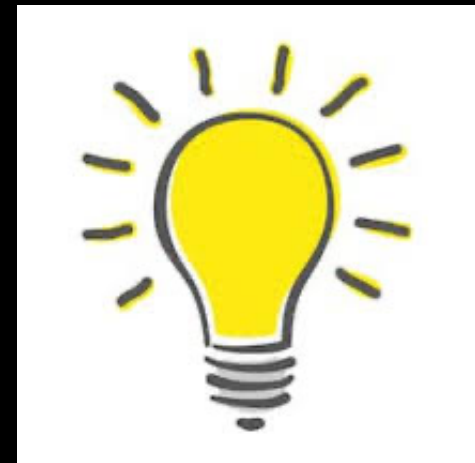
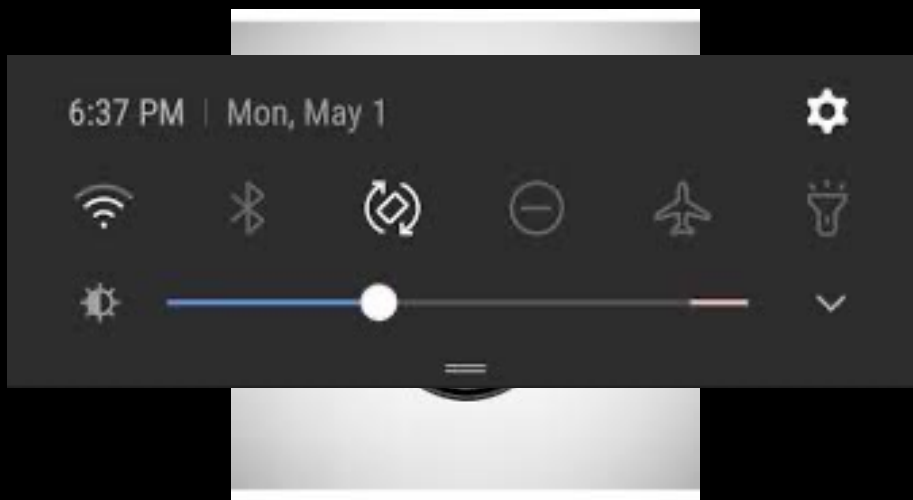
¿Qué es la Mecánica Cuántica?

Cuantización: La energía de un sistema es discreta



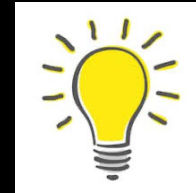
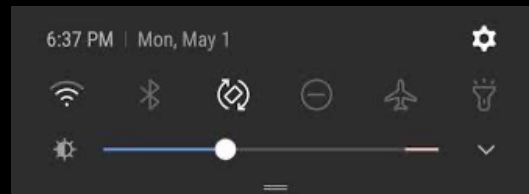
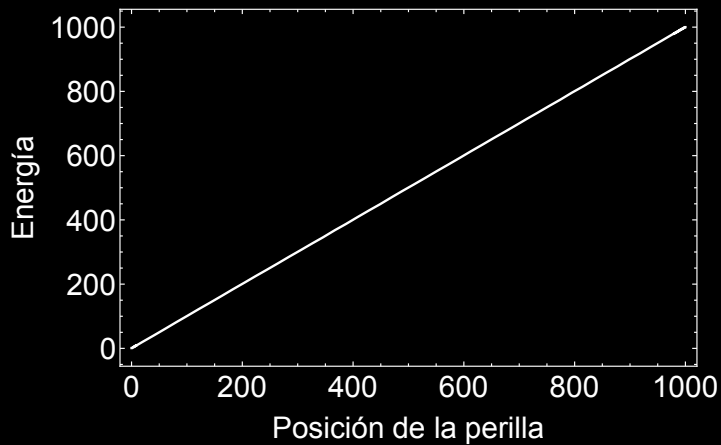
¿Qué es la Mecánica Cuántica?

Cuantización: La energía de un sistema es discreta



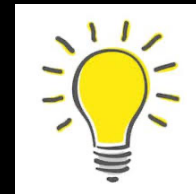
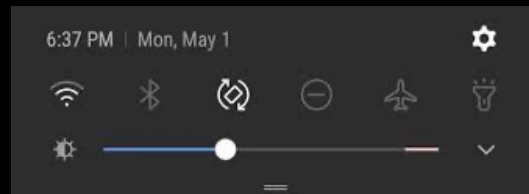
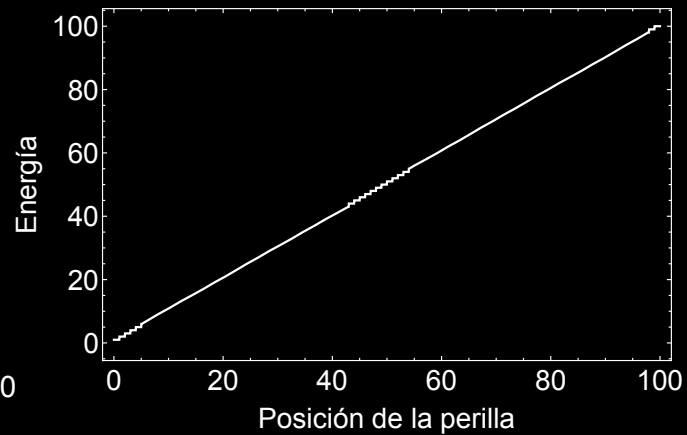
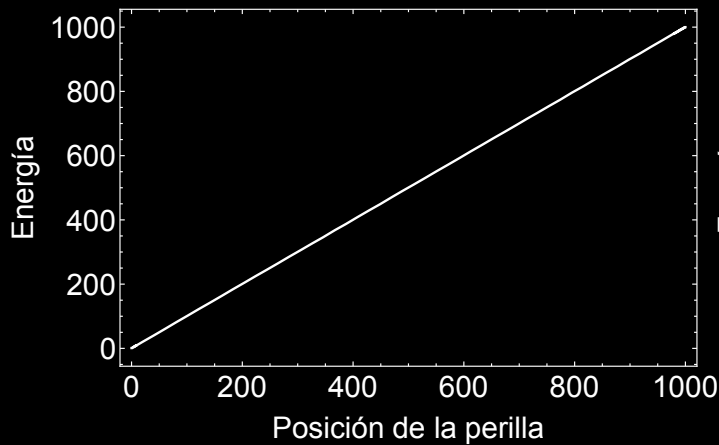
¿Qué es la Mecánica Cuántica?

Cuantización: La energía de un sistema es discreta



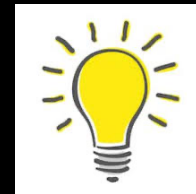
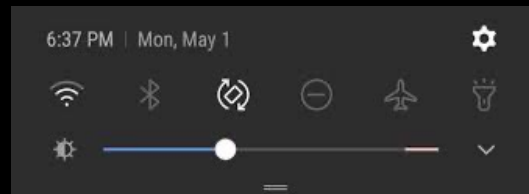
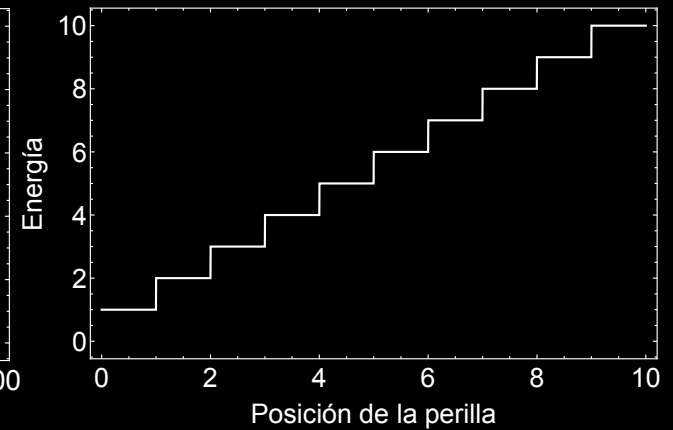
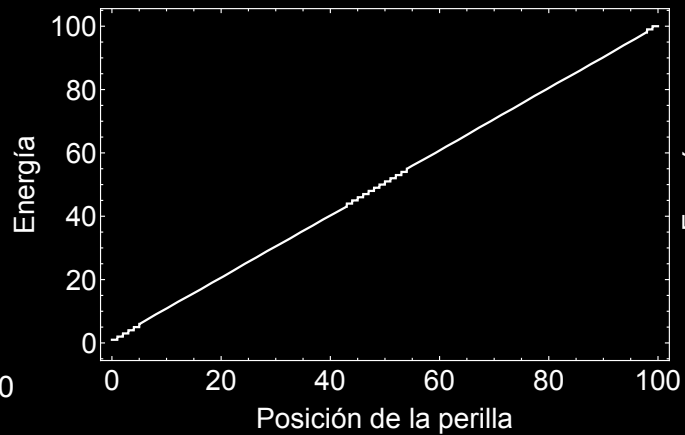
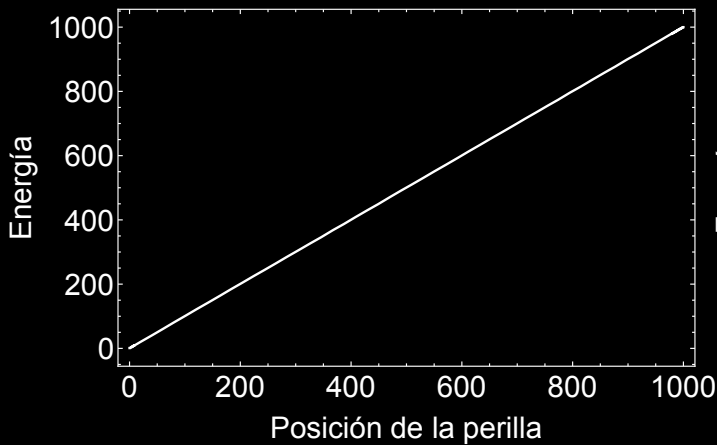
¿Qué es la Mecánica Cuántica?

Cuantización: La energía de un sistema es discreta



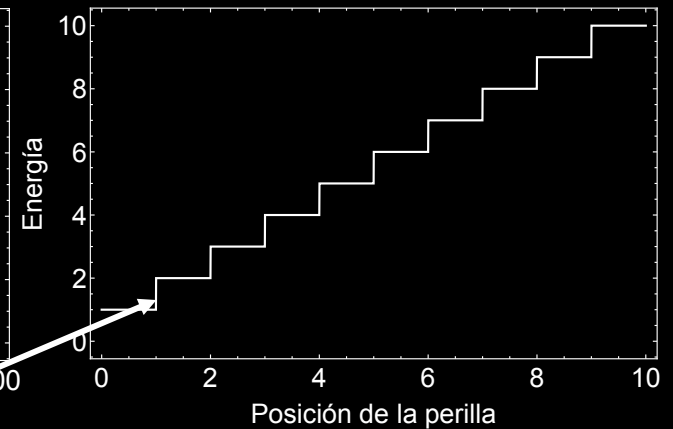
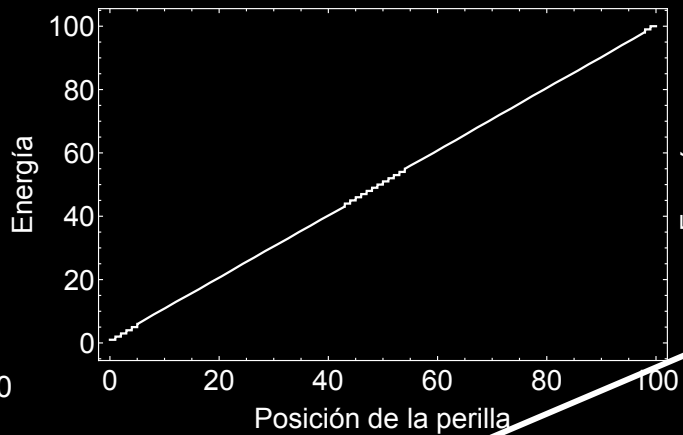
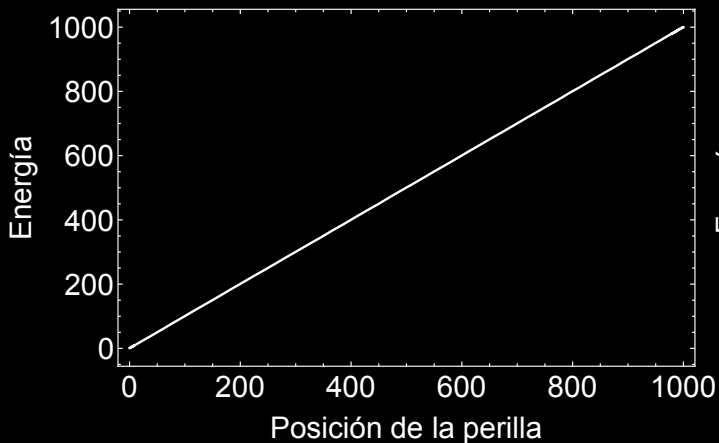
¿Qué es la Mecánica Cuántica?

Cuantización: La energía de un sistema es discreta



¿Qué es la Mecánica Cuántica?

Cuantización: La energía de un sistema es discreta



Un “cuanto” de energía (mínima cantidad)

¿Qué es la Mecánica Cuántica?

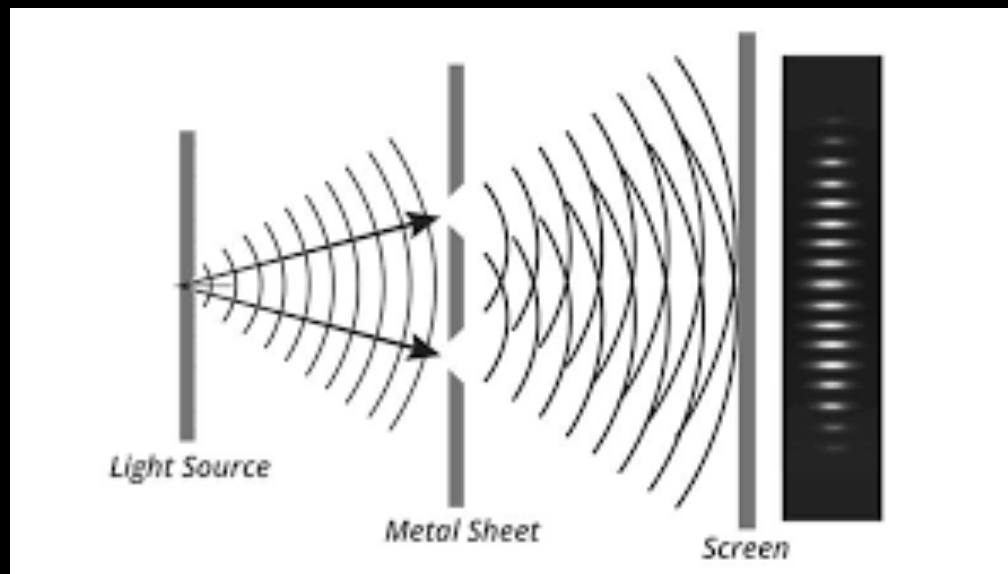
Ejemplo: Experimento de la doble rendija

La luz es una **onda** electromagnética, pero tiene una cantidad mínima de energía, como si fuera una **partícula**.

¿Qué es la Mecánica Cuántica?

Ejemplo: Experimento de la doble rendija

La luz es una **onda** electromagnética, pero tiene una cantidad mínima de energía, como si fuera una **partícula**.



¿Qué es la Mecánica Cuántica?

Conclusión: En la teoría de la Mecánica Cuántica un objeto puede estar **en más de un estado simultáneamente.**

¿Qué es la Mecánica Cuántica?

Conclusión: En la teoría de la Mecánica Cuántica un objeto puede estar en **más de un estado simultáneamente**.

Un objeto que puede estar simultáneamente en **dos** estados se llama **qubit** (quantum bit).

Computación

1

Cuántica

2

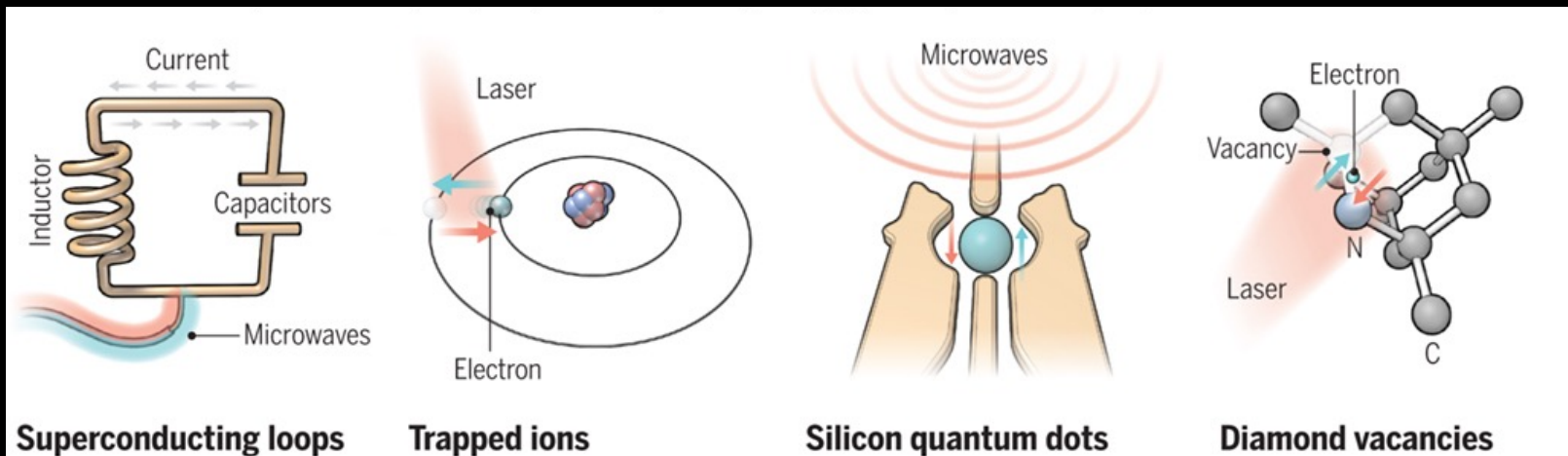
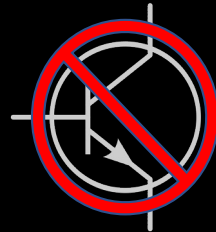
Computación Cuántica

¿Qué es la Computación Cuántica?

Es acción de realizar un cálculo matemático por medio del procesamiento de señales formadas por un conjunto de **qubits**



¿Qué se puede usar como qubit?



¿Cuál es la ventaja de un computador cuántico?

Ejemplo: Compresión.

¿Cuántos bits se necesitan para describir n qubits?

¿Cuál es la ventaja de un computador cuántico?

Ejemplo: Compresión.

¿Cuántos bits se necesitan para describir n qubits?

Número de Qubits	Número de Bits
1 (es 0 y 1)	2
2 (es 00, 01, 10 y 11)	4
3 (es 000, 001, 010, 100, 011, 110, 101, y 111)	8
n	2^n

¿Cuál es la ventaja de un computador cuántico?

Ejemplo: Compresión.

¿Cuántos bits se necesitan para describir n qubits?

Se necesita **1GB**, para describir sólo **30 qubits...**

Para describir **300 qubits** se necesitan más **bits** que el número de **átomos en el universo.**

¿Cuál es la ventaja de un computador cuántico?

Computadores cuántico prometen resolver algunos problemas más rápido que computadores convencionales.

¿Cuál es la ventaja de un computador cuántico?

Computadores cuántico prometen resolver algunos problemas más rápido que computadores convencionales.

Ejemplos:

- (Des)Encriptación. (ver algoritmo de Shor).
 - Simulación de moléculas y materiales.
 - Problemas de optimización en general.
 - Maching learning?

¿Cuál es la ventaja de un computador cuántico?

Computadores cuántico prometen resolver algunos problemas más rápido que computadores convencionales.

La capacidad de un computador cuántico para superar el poder de computo de un computador convencional se llama
“supremacía cuántica”

¿Se ha conseguido Supremacía Cuántica?

En Octubre **2019 Google** reportó que su computador cuántico realiza en **200 segundos** un cálculo que a un computador clásico le tomaría **10000 años**.

¿Se ha conseguido Supremacía Cuántica?

En Octubre **2019 Google** reportó que su computador cuántico realiza en **200 segundos** un cálculo que a un computador clásico le tomaría **10000 años**.

IBM dice que puede hacer el mismo cálculo con un computador clásico en **2.5 días**. Además el cálculo no tiene ninguna aplicación.

¿Se ha conseguido Supremacía Cuántica?

¿Se ha conseguido Supremacía Cuántica?

La respuesta es **si y no**, simultáneamente.

¿Quiénes proveen computadores cuánticos?

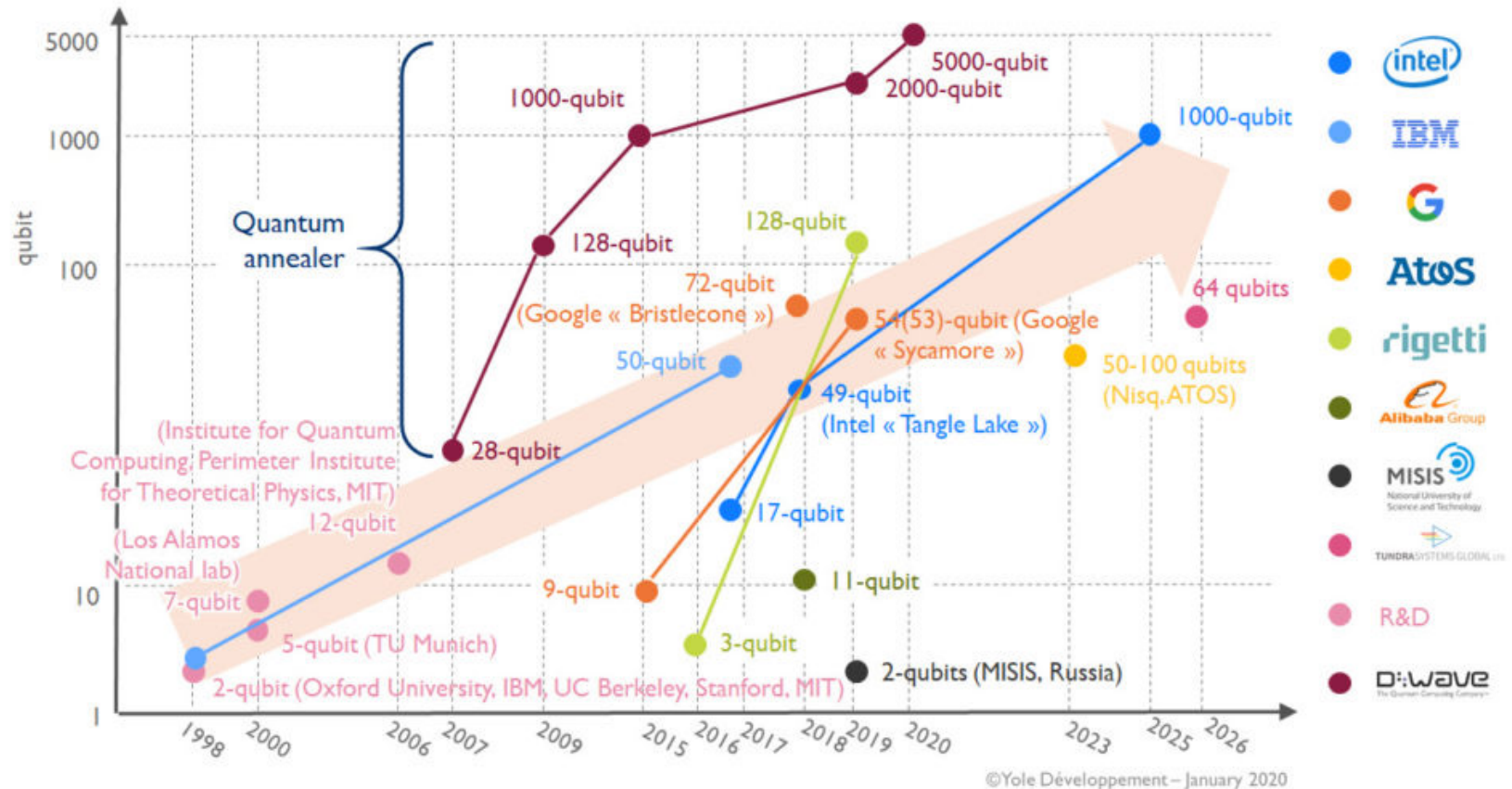


¿Quiénes proveen computadores cuánticos?

- IBM
- Google
- Alibaba
- Microsoft
- Intel
- Honeywell
- 1Qbit
- CQC
- D-Wave
- IonQ
- QC Ware
- Qsimulate
- Quantum Circuits
- Rahko
- Rigetti
- Xanadu
- Zapata
-

Physical qubit roadmap for quantum computer

(Source: Quantum Technologies 2020 report, Yole Développement)



¿Quiénes tienen acceso a computadores
cuánticos?

¿Quiénes tienen acceso a computadores
cuánticos?

¡Todos!

¿Quiénes tienen acceso a computadores cuánticos?

¡Todos!



Programa: IBM quantum experience, **disponible gratis online.**

Lenguaje de programación: Qiskit/Qasm

Plataforma: Qubits superconductores.

¿Qui

Equipo UDEC- MIRO entre los ganadores de Hackathón mundial de cuántica

31/03/2022



- *QuantumLegion* es el nombre del equipo de estudiantes del Magíster en Física UDEC y asociados a MIRO que ganaron el quinto lugar en desafíos de programación y el segundo lugar en la categoría de proyectos, de un total de más de tres mil participantes de la QHack 2022.

(MIRO, 31 de marzo de 2022) Entre el 14 y el 25 de febrero de 2022 se realizó la **QHack 2022**, celebración mundial de la computación cuántica, que cada año reúne a participantes de todo el mundo. La versión QHack 2022 – organizado por Xanadu- convocó a más de 3.200 participantes de 100 países y contó con actividades como desafíos de codificación, una hackatón abierta, competencia de diseño, concurso de memes y otros.

Entre los ganadores de la competencia se encuentra el equipo **QuantumLegion, formado por los estudiantes UDEC asociados a MIRO: Mariana Navarro, Damián Muñoz, Leonardo Zambrano, Jorge Gidi y Luciano Pereira**. El premio será una visita a la prestigiosa empresa IQM y las oficinas de VTT -de computación cuántica- cuya sede se encuentra en Finlandia.



Mariana Navarro explicó que en la categoría de *Coding Challenge* “como su nombre lo dice, eran desafíos de programación sobre distintos tópicos como información cuántica, *quantum machine learning* y química. Por otro lado, participamos en la *Open Hackathon* donde había que armar un proyecto de programación y uno podía postular a diversas categorías. En particular, nosotros nos inclinamos por la categoría de Simulación Cuántica”.

Damian Muñoz (también estudiante UDEC asociado a MIRO) comentó sobre el trabajo del equipo **QuantumLegion**: «No era la primera vez que trabajábamos en grupo para una actividad de este estilo, también participamos en el QHack 2020 organizado por Xanadu y en un IBM Hackathon. Pero, siento que esta vez logramos un trabajo de mejor calidad que se vio reflejado en nuestro segundo lugar.»

Respecto a la motivación, Mariana Navarro señala que “esta instancia la vi como un intensivo para aprender el lenguaje de programación de Xanadu que es Pennylane. Fueron dos semanas que las dediqué completamente a este evento. Otras de mis motivaciones, por supuesto, era la esperanza de ganar algún premio”, concluyó. En relación con el mismo tema,

Damian Muñoz indicó que lo motivó «poner a prueba mis habilidades y conocimientos de computación cuántica. El problema que resolvimos en el Open Challenge era un tema desconocido para mí, por lo que me encuentro satisfecho de lo que aprendí y del trabajo que logramos concretar».

«Las Hackathones son una buena instancia para presentar proyectos colaborativos y poner a prueba las habilidades de trabajo en equipo y de programación, por lo que le recomendaría a cualquier persona que este interesada a que se anime en participar», concluyó Damian Muñoz.

ores

¿Quiénes ofrecen acceso a computadores cuánticos?



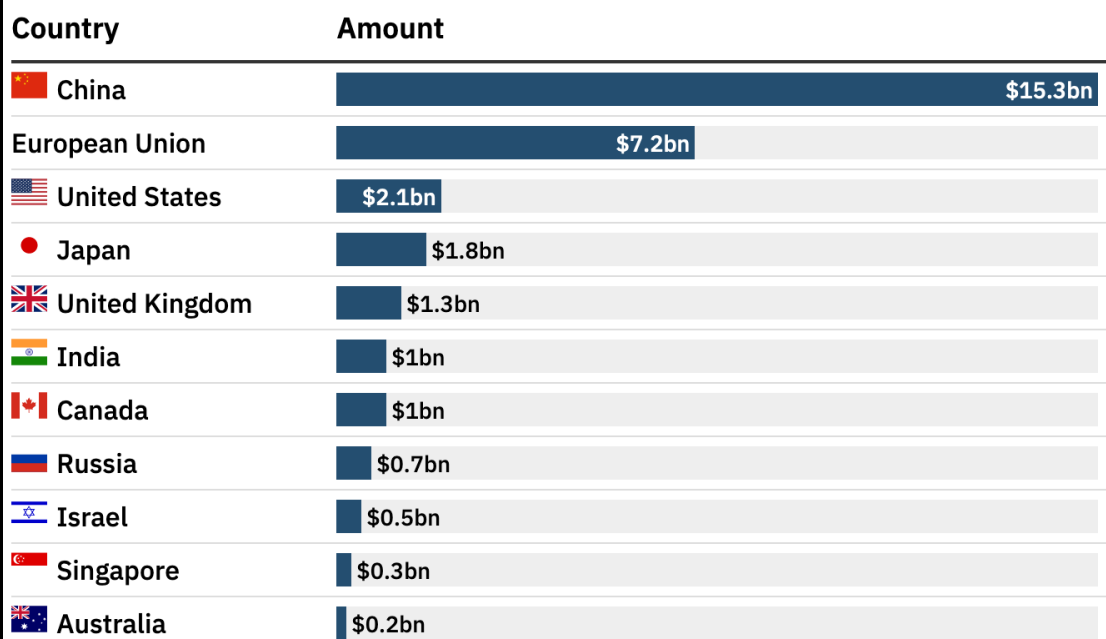
Microsoft Azure

¿Quiénes invierten en computadores cuánticos?

¿Quiénes invierten en computadores cuánticos?

Governments are betting billions on quantum

Amount of planned public funding, in billions (\$USD)



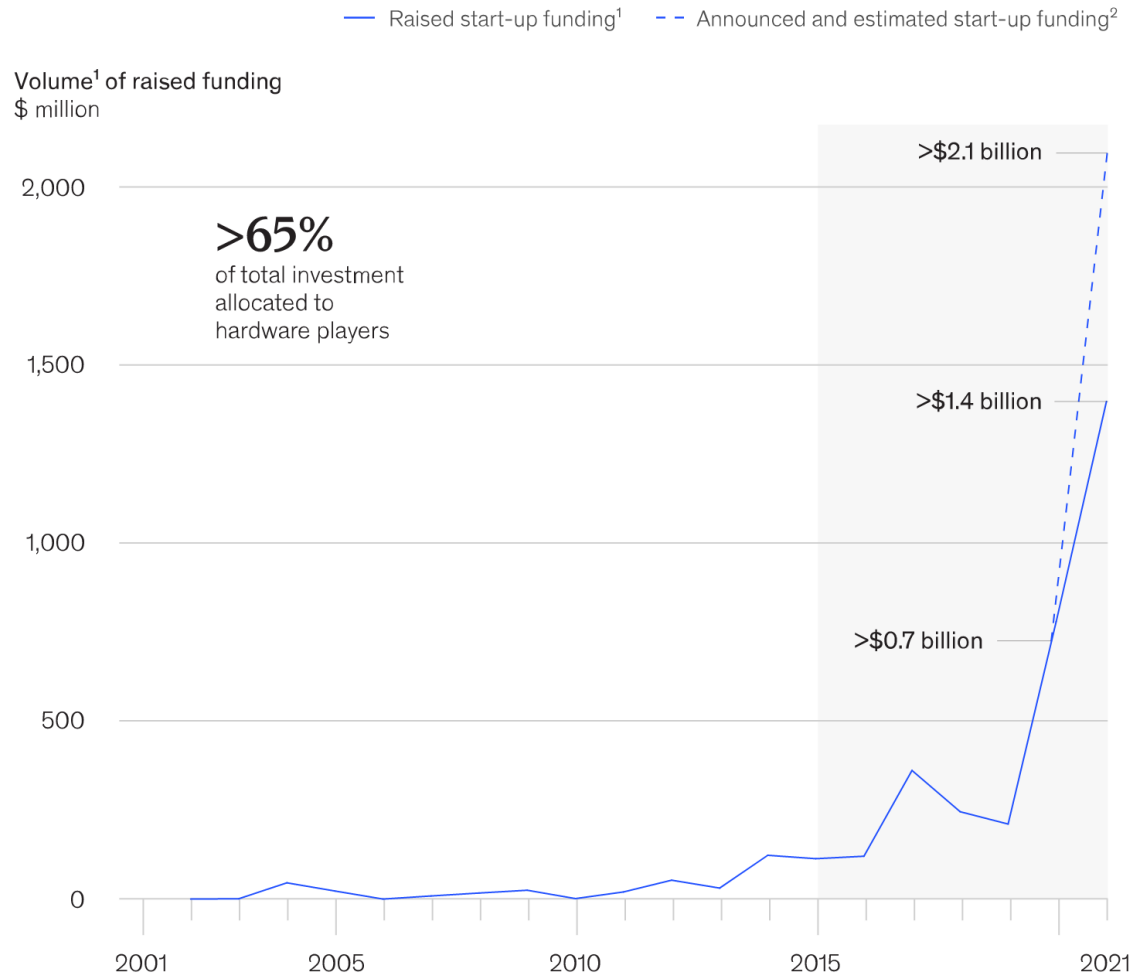
*US funding includes estimated funding for quantum computing in the recently passed CHIPS and Science Act

Source: BCG

TECHMONITOR

¿Quienes i

Investment activity in quantum technology start-ups, 2002–2021



¹Based on public investment data recorded in PitchBook; actual investment is likely higher.

²Public announcements of major deals; actual investment is likely higher—deal size for 7 out of 20 deals done in 2H2021 was not disclosed.

Source: PitchBook; McKinsey analysis

¿ cuánticos?

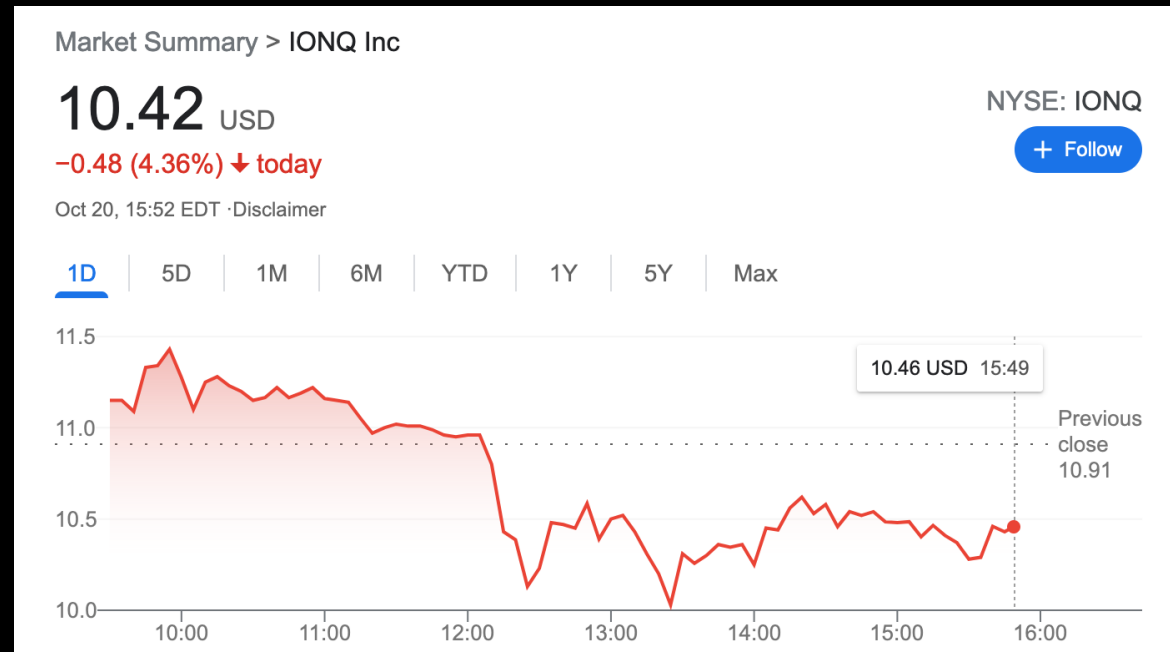
¿Quiénes invierten en computadores cuánticos?

TC
Join TechCrunch+
Login

Rigetti Computing goes public via SPAC merger

Frederic Lardinois @fredericl / 9:00 AM GMT-3 • October 6, 2021

Comment



¿Si los computadores cuánticos aún no calculan nada útil, por qué invertir en ellos?

¿Si los computadores cuánticos aún no calculan nada útil, por qué invertir en ellos?

Una comparación a considerar.



Sputnik, 1957



Mapa basura espacial, 2020

¿Cómo se ve un computador cuánticos?

¿Cómo se ve un computador cuánticos?



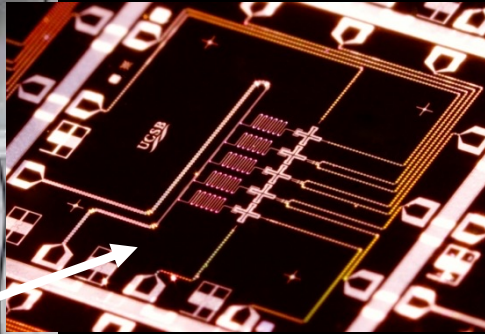
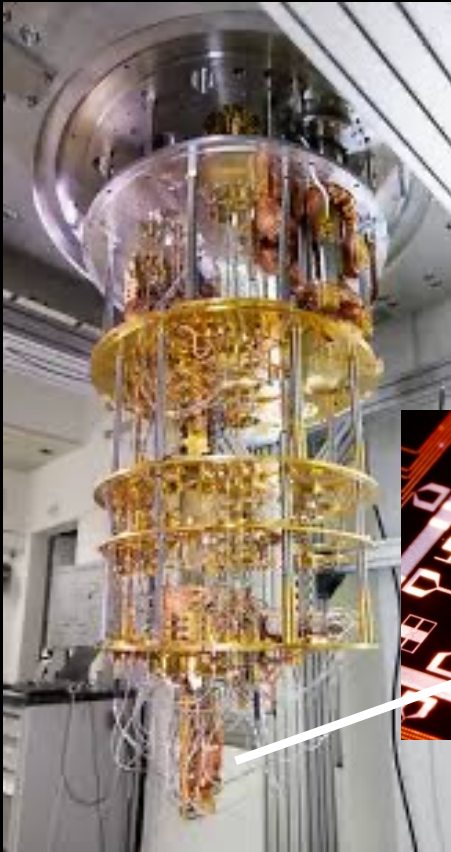
Switch to Composer Backend: ibmqx4 My Units: 50 Experiment Units: 3 Run Simulate

```
1 include "qelib1.inc";
2
3 qreg q[5];
4 creg c[5];
5
6 h q[2];
7 cx q[2],q[4];
8 barrier q[0],q[1],q[2],q[3],q[4];
9 x q[0];
10 h q[0];
11 t q[0];
12 barrier q[0],q[1],q[2],q[3],q[4];
13 h q[0];
14 h q[2];
15 cx q[2],q[0];
16 h q[2];
17 measure q[0] -> c[0];
18 measure q[2] -> c[2];
19 barrier q[3],q[4];
20 x q[4];
21 z q[4];
22 barrier q[3],q[4];
23 tdg q[4];
24 h q[4];
25 x q[4];
```

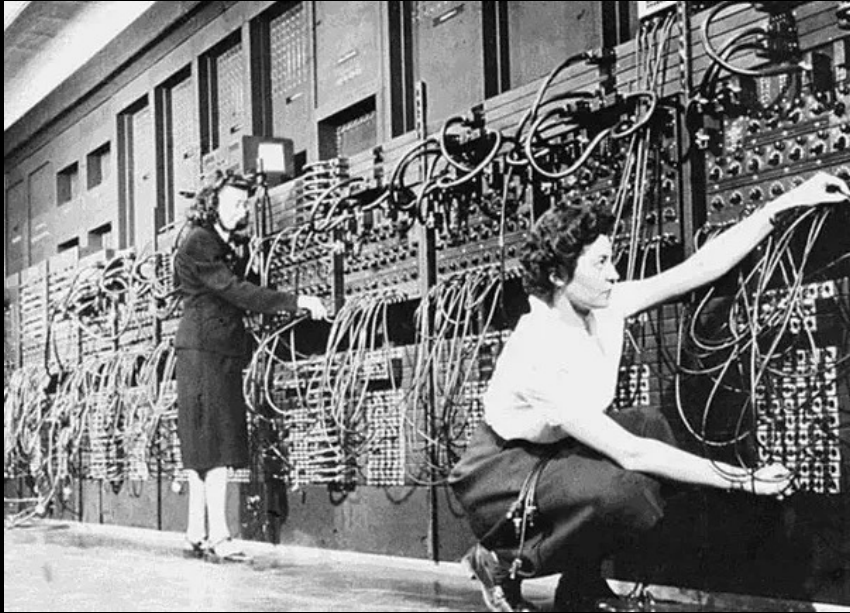
Import QASM Download QASM

The quantum circuit diagram shows five qubits, q[0] through q[4], and five classical bits, c[0] through c[4]. The qubits are initialized to |0>. The circuit consists of several stages: 1) q[2] is rotated by H, followed by a CX gate between q[2] and q[4]. 2) A barrier gate is applied to all qubits. 3) q[0] is rotated by X, H, and T gates. 4) Another barrier gate is applied to all qubits. 5) q[0] is rotated by H, followed by H gates on q[2] and q[0], and a CX gate between q[2] and q[0]. 6) q[2] is rotated by H. 7) q[0] and q[2] are measured, with results stored in c[0] and c[2]. 8) A barrier gate is applied to q[3] and q[4]. 9) q[4] is rotated by X, Z, and TDG gates. 10) A final barrier gate is applied to q[3] and q[4]. 11) q[4] is rotated by H and X gates. The classical bits c[0] and c[2] are measured at the end of the circuit.

¿Cómo se ve un computador cuánticos?



Un poco de perspectiva

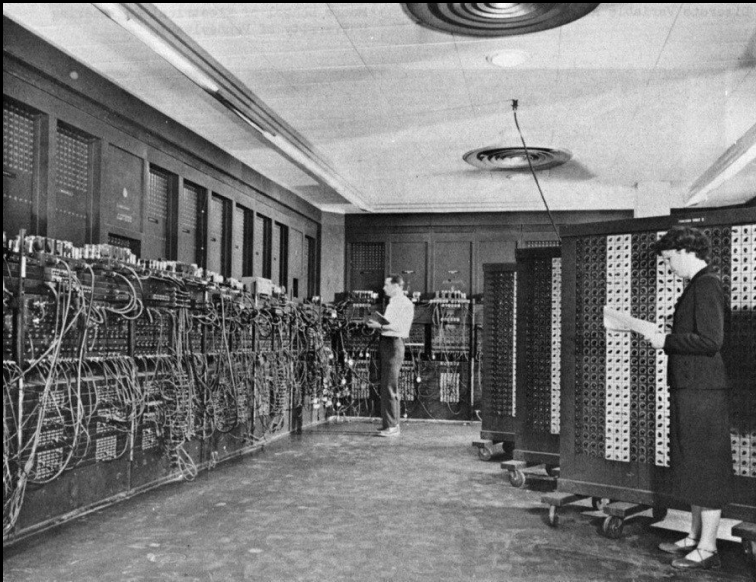


1950'



2010'

Un poco de perspectiva



1950'



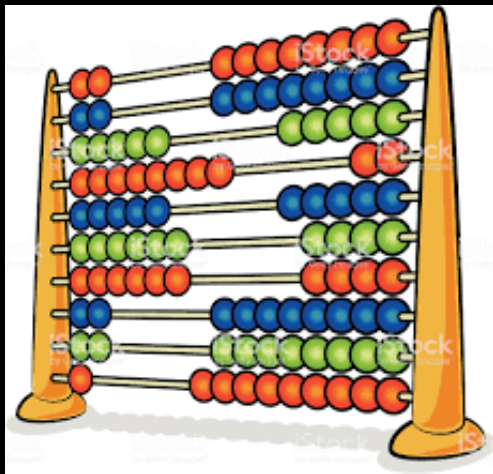
2010'

¿Cómo serán los computadores cuánticos en el futuro (cercano)?

- **No** van a ser computadores **personales**.
- Se accederá a ellos solo de forma **remota**.
- Serán útiles sólo para algunos **problemas particulares** (que probablemente ninguno de nosotros entenderá).

Los computadores cuánticos serán tan diferentes a un computador actual como un computador actual lo es a un ábaco.

Bill Phillips (Premio Nobel)



?

Gracias