

# Taller de Qiskit

## Qiskit Aer

Claudia Zendejas-Morales

Qiskit Summer Jam Mexico, Agosto 2021



# Tabla de Contenido

- 1 Simuladores
- 2 Dispositivos cuánticos reales
- 3 Visualizar resultados
- 4 Ruido en los experimentos



# Tabla de Contenido

- 1 Simuladores
- 2 Dispositivos cuánticos reales
- 3 Visualizar resultados
- 4 Ruido en los experimentos



# Simuladores

Los simuladores de backends permiten explorar la ejecución de los circuitos cuánticos antes de ejecutarlos en computadoras cuánticas reales.

**Qiskit Aer** proporciona simuladores de backends de computación cuántica de alto rendimiento con modelos de ruido realistas.



# ¿Qué es un backend?

BACK-END



FRONT-END



# ¿Qué es un simulador?

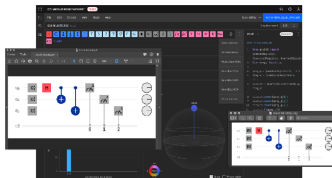
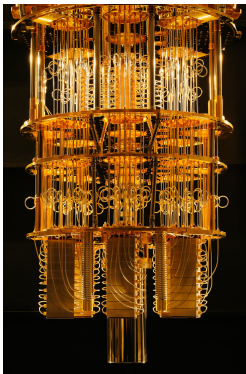


Figura: Recuperado de [1]



# ¿Qué necesito?

```
1 from qiskit import Aer
2
3
4
5 from qiskit import QuantumCircuit
6
7 from qiskit import transpile
```



# Veámoslo en acción

## Taller de Qiskit



## Simuladores

Preparado por Claudia Zendejas-Morales

license: [Apache-2.0](#)

## Contenido

1. [Introducción](#)
  - A. [¿Qué es un backend?](#)
  - B. [¿Qué es un simulador?](#)
  - C. [Backends reales](#)
  - D. [¿Qué necesito?](#)
2. [Proveedor Aer](#)
  - A. [Obtener información sobre un backend](#)
3. [Simulador Aer](#)





# Tabla de Contenido

- 1 Simuladores
- 2 Dispositivos cuánticos reales
- 3 Visualizar resultados
- 4 Ruido en los experimentos



# Dispositivos cuánticos reales

Por dispositivo real, nos estamos refiriendo a una computadora cuántica que implementa los qubits de alguna manera física.

Gracias a **IBM Quantum Experience** tenemos acceso a este tipo de dispositivos.



# Criterios de DiVincenzo

Cualquier computadora cuántica debe facilitar:

- un sistema físico escalable con qubits bien caracterizados;
- la capacidad de inicializar el estado de los qubits a un estado fiducial simple, como  $|000 \dots\rangle$ ;
- tiempos relevantes de decoherencia largos, mucho más largos que el tiempo de operación de la compuerta;
- un conjunto universal de compuertas cuánticas;
- una capacidad de medición específica del qubit.
- la capacidad de interconvertir qubits estacionarios y qubits “voladores” (flying qubits);
- la capacidad de transmitir fielmente qubits “voladores” entre ubicaciones específicas



# Implementaciones de qubits

- Átomos neutros
- Iones atrapados
- Electrón atrapado o centro de color (centros de vacantes de nitrógeno (NV))
- Espines de electrones (quantum dots)
- Superconductores
- Resonancia magnética nuclear (Nuclear Magnetic Resonance, NMR)
- Qubits ópticos
- Qubits topológicos



# Iones atrapados

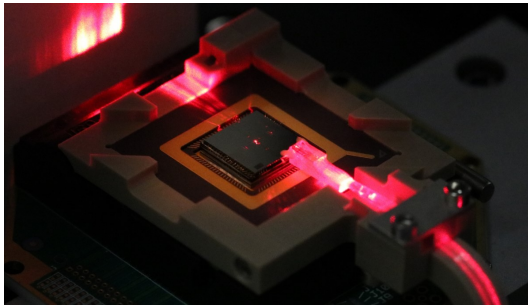


Figura: Recuperado de [2]



# Superconductores

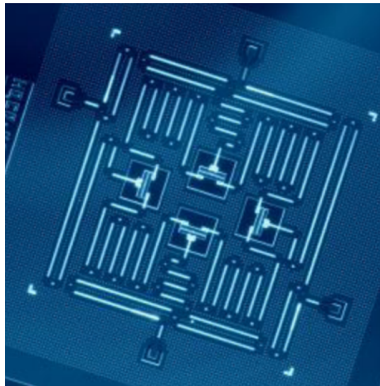


Figura: Recuperado de [3]



# Crear una cuenta en IBM Quantum Experience

- Para desarrolladores
- Para educadores
- Para investigadores
- Para negocios



# Dispositivos reales en la nube





















 <b>ibmq_montreal</b> System status: <span style="color: green;">●</span> Online Processor type: Falcon v4 27 Qubits 128 Quantum volume	 <b>ibmq_kolkata</b> System status: <span style="color: green;">●</span> Online Processor type: Falcon v5.11 27 Qubits 128 Quantum volume	 <b>ibmq_mumbai</b> System status: <span style="color: green;">●</span> Online Processor type: Falcon v5.1 27 Qubits 128 Quantum volume	 <b>ibmq_dublin</b> System status: <span style="color: green;">●</span> Online Processor type: Falcon v4 27 Qubits 64 Quantum volume	 <b>ibmq_manhattan</b> System status: <span style="color: green;">●</span> Online Processor type: Hummingbird v2 65 Qubits 32 Quantum volume
 <b>ibmq_brooklyn</b> System status: <span style="color: green;">●</span> Online Processor type: Hummingbird v2 65 Qubits 32 Quantum volume	 <b>ibmq_toronto</b> System status: <span style="color: green;">●</span> Online Processor type: Falcon v4 27 Qubits 32 Quantum volume	 <b>ibmq_sydney</b> System status: <span style="color: green;">●</span> Online Processor type: Falcon v4 27 Qubits 32 Quantum volume	 <b>ibmq_guadalupe</b> System status: <span style="color: green;">●</span> Online Processor type: Falcon v4P 16 Qubits 32 Quantum volume	 <b>ibmq_saoablanca</b> System status: <span style="color: green;">●</span> Online Processor type: Falcon v4H 7 Qubits 32 Quantum volume
 <b>ibmq_lagos</b> System status: <span style="color: green;">●</span> Online Processor type: Falcon v5.11H 7 Qubits 32 Quantum volume	 <b>ibmq_nairobi</b> System status: <span style="color: green;">●</span> Online Processor type: Falcon v5.11H 7 Qubits 32 Quantum volume	 <b>ibmq_santiago</b> System status: <span style="color: green;">●</span> Online Processor type: Falcon v4L 5 Qubits 32 Quantum volume	 <b>ibmq_manila</b> System status: <span style="color: green;">●</span> Online Processor type: Falcon v5.11L 5 Qubits 32 Quantum volume	 <b>ibmq_bogota</b> System status: <span style="color: green;">●</span> Online Processor type: Falcon v4L 5 Qubits 32 Quantum volume
 <b>ibmq_jakarta</b> System status: <span style="color: green;">●</span> Online Processor type: Falcon v5.11H 7 Qubits 16 Quantum volume	 <b>ibmq_quito</b> System status: <span style="color: orange;">●</span> Online - Dedicated Processor type: Falcon v4T 5 Qubits 16 Quantum volume	 <b>ibmq_belem</b> System status: <span style="color: green;">●</span> Online Processor type: Falcon v4T 5 Qubits 16 Quantum volume	 <b>ibmq_5_yorktown</b> System status: <span style="color: green;">●</span> Online Processor type: Canary v1 5 Qubits 8 Quantum volume	 <b>ibmq_lima</b> System status: <span style="color: green;">●</span> Online Processor type: Falcon v4T 5 Qubits 8 Quantum volume

Figura: Recuperado de [4]





# Simuladores en la nube

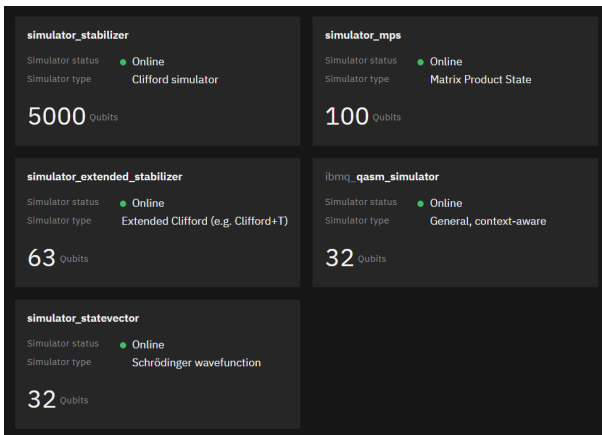


Figura: Recuperado de [4]



# Proveedores

Controlan el acceso a los servicios de la plataforma **IBM Quantum Experience**.

Las cuentas públicas pertenecen al proveedor *ibm-q/open/main*.

Al ejecutar tareas en la plataforma, se devuelve una instancia de job, con este se puede rastrear el progreso de nuestra ejecución, así como recuperar los resultados finales del cálculo.



# IBM Quantum Experience

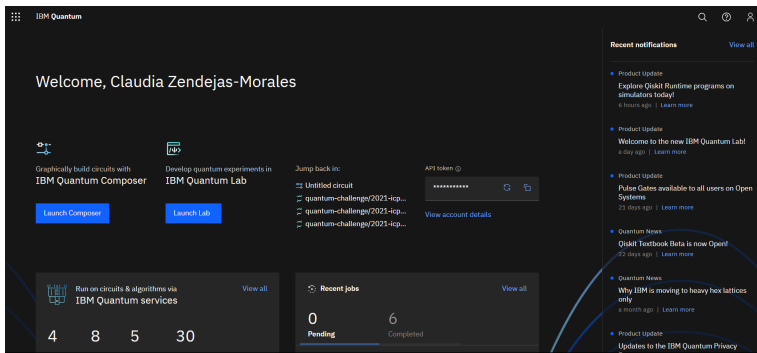


Figura: Recuperado de [4]



# ¿Qué necesito?

```
1 from qiskit import IBMQ
2
3
4
5 IBMQ.save_account(TOKEN)    # una vez
6
7 IBMQ.load_account()
```



# Veámoslo en acción

## Taller de Qiskit



## Dispositivos cuánticos reales

Preparado por Claudia Zendejas-Morales

licencia **Apache-2.0**

### Contenido

1. [Introducción](#)
  - A. [Criterios de DiVincenzo](#)
  - B. [Implementaciones de qubits](#)
  - C. [Tipos de cuentas en IBM Quantum Experience](#)
  - D. [Tipos de procesadores IBM Quantum](#)
  - E. [Proveedores](#)
2. [Ejecución en dispositivos reales](#)
  - A. [Cargar cuenta](#)
  - B. [Ejecutar un experimento](#)
  - C. [Backends disponibles](#)



# IBM Quantum Composer

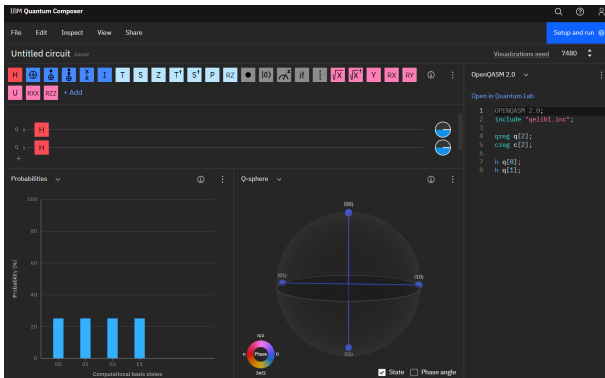


Figura: Recuperado de [4]



# Tabla de Contenido

- 1 Simuladores
- 2 Dispositivos cuánticos reales
- 3 Visualizar resultados
- 4 Ruido en los experimentos



# Visualizar resultados

La visualización de datos es la representación gráfica de información y datos.

Nuestros ojos son atraídos por los colores y patrones.

Qiskit nos proporciona distintas maneras de graficar los resultados.





# Histograma



# ¿Qué necesito?

```
1 from qiskit.tools.visualization import
2     (plot_histogram, plot_state_city,
3      plot_bloch_multivector, plot_bloch_vector,
4      plot_state_paulivec, plot_state_hinton,
5      plot_state_qsphere)
```



# Veámoslo en acción

## Taller de Qiskit



## Visualizar Resultados de los Experimentos

Preparado por Claudia Zendejas-Morales

license [Apache 2.0](#)

### Contenido

1. [Introducción](#)
2. [Histograma](#)
  - A. [Ejemplo de 1 qubit](#)
  - B. [Ejemplo de 2 qubits: Estado de Bell](#)
  - C. [Ejemplo de 5 qubits](#)
  - D. [Opciones para un histograma](#)
3. [Graficar un estado](#)
  - A. [Opciones para graficar un estado](#)
  - B. [Ejemplos de gráficas de estados](#)
4. [Referencias](#)



# Tabla de Contenido

- 1 Simuladores
- 2 Dispositivos cuánticos reales
- 3 Visualizar resultados
- 4 Ruido en los experimentos



# Ruido en los experimentos

¿Por qué hacer computadoras cuánticas es realmente difícil?  
Por el **ruido**.

El ruido cuántico describe todas las cosas que causan interferencia en una computadora cuántica.

Las computadoras cuánticas de hoy son intrínsecamente ruidosas.

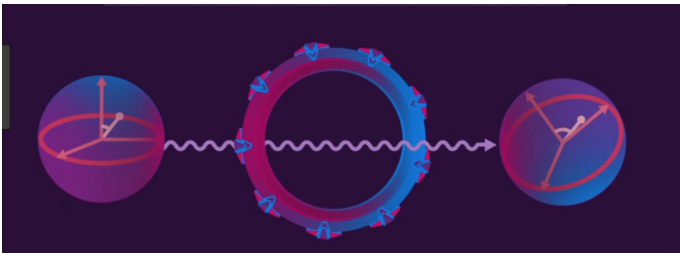
Debemos tomar en cuenta este ruido, para ello podemos modelarlo.



# Ruido



# Decoherencia



# ¿Qué necesito?

```
1 from qiskit.providers.aer.noise import
2     (NoiseModel, QuantumError, ReadoutError,
3      pauli_error, depolarizing_error,
4      thermal_relaxation_error)
```





# Veámoslo en acción

## Taller de Qiskit



## Ruido en los Experimentos

Preparado por Claudia Zendejas-Morales

license [Apache-2.0](#)

### Contenido

1. [Introducción](#)
  - A. [Canal cuántico](#)
2. [Construir modelos de ruido](#)
  - A. [Errores cuánticos con Qiskit](#)
    - a. [Combinación de errores cuánticos](#)
    - b. [Ejemplo](#)
    - c. [Conversión a operadores QuantumChannel](#)
    - d. [Error de lectura](#)
  - B. [Agregar errores a un Modelo de Ruido](#)



## Referencias

- [1] <https://www.ibm.com/quantum-computing/tools/>
- [2] <https://physicsworld.com/a/new-optical-connections-for-trapped-ions-could-lead-to-better-quantum-computers/>
- [3] <https://www.nature.com/articles/s41534-016-0004-0>
- [4] <https://quantum-computing.ibm.com/>

