

# Hack The QuBit 2025

Reto: Simulación Cuántica con Corrección o Mitigación de Errores

Organizado por: Quantum Computing Club y Data Science Hub

Junio 2025

## Resumen del Reto

En este reto, los participantes deberán formular un sistema físico (modelo cuántico simple o de interés), construir su Hamiltoniano, resolverlo analíticamente y luego implementarlo como circuito cuántico en una plataforma de simulación. El objetivo principal será implementar una estrategia de **corrección (QEC) o mitigación de errores (QEM)** que permita mejorar la fidelidad del sistema ejecutado en simulador y en hardware real.

## Contexto

Los dispositivos cuánticos actuales son propensos a errores debido a la decoherencia, ruido de compuertas, errores de lectura y pérdida de coherencia temporal. Estos errores limitan la precisión de los cálculos cuánticos y son el mayor obstáculo para escalar la computación cuántica.

Por ello, una de las áreas más activas de investigación es el diseño de estrategias de **corrección cuántica de errores (Quantum Error Correction, QEC)** y **mitigación cuántica de errores (Quantum Error Mitigation, QEM)**.

Este reto busca que los estudiantes no solo simulen un sistema físico, sino que propongan una solución concreta para mejorar su fidelidad a través de un modelo de QEC o QEM, usando simulación y posteriormente hardware cuántico.

## Objetivo del Reto

1. Plantear un sistema físico sencillo y formular su Hamiltoniano. (Circuito )
2. Resolverlo analíticamente (energías, evolución, observables).
3. Construir un circuito cuántico que modele dicho sistema.
4. Implementar una estrategia de **corrección o mitigación de errores** para dicho circuito.
5. Ejecutar el circuito en un **simulador** con y sin errores.
6. Ejecutarlo también en una **computadora cuántica real**.
7. Comparar los resultados, analizar fidelidad y proponer mejoras.

## Invitación a Explorar

Se invita a los participantes a experimentar con distintos sistemas físicos y modelos de corrección o mitigación. Algunas recomendaciones:

- Plantear modelos con solución exacta o fácilmente diagonalizable.
- Utilizar códigos como repetition, bit-flip, phase-flip, Shor, o técnicas de mitigación como extrapolación a ruido cero, readout mitigation, etc.
- Analizar el impacto de los errores y proponer formas de reducirlos con su estrategia.

El objetivo no es encontrar una solución perfecta, sino demostrar comprensión, pensamiento crítico y una propuesta sólida.

## Entregable

Cada equipo deberá presentar su trabajo en una **presentación PowerPoint (.ppt)** que contenga:

- Descripción del Circuito.
- Solución analítica esperada.
- Implementación del circuito cuántico.
- Modelo de QEC o QEM propuesto.
- Resultados del simulador (con y sin ruido) y en hardware real.
- Análisis de fidelidad y evaluación de errores.

## Criterios de Evaluación

Los trabajos serán evaluados en base a:

1. **Comprobación del mapeo:** El modelo representa de manera correcta el fenómeno físico planteado .
2. **Fidelidad:** Qué tan bien el modelo propuesto logra conservar el estado ideal frente al ruido.
3. **Comparación:** Que se demuestre que el modelo implementado corrija errores y no agregue ruido o presente resultados irreales.

Igualmente se considera en la evaluación de manera extra:

1. Complejidad
2. Calidad del código
3. Estética de la presentación

## Herramientas y Recursos Útiles

### ¿Qué es un Hamiltoniano?

- **Hamiltonian– QuEra:** <https://www.quera.com/glossary/hamiltonian>
- **What is a Hamiltonian?** <https://www.sciencedirect.com/topics/mathematics/hamiltonian>

### ¿Cómo pasar tu Hamiltoniano a un circuito cuántico?

- **Qiskit Textbook – Representando Hamiltonianos con operadores de Pauli:** <https://qiskit.org/textbook/ch-applications/vqe-molecules.html>

### Plataformas sugeridas

- **Qiskit** – <https://qiskit.org>
  - **Documentación oficial:** <https://docs.quantum.ibm.com/>
  - Simulación sin ruido: <https://docs.quantum.ibm.com/guides/simulate-with-qiskit-sdk-primitive>
  - Simulación con ruido: <https://docs.quantum.ibm.com/guides/simulate-with-qiskit-aer>
- **IBM Quantum Experience** – <https://quantum-computing.ibm.com>
- **Qiskit Textbook (en inglés)** – <https://qiskit.org/textbook>

### Otras referencias útiles

- Michael A. Nielsen and Isaac L. Chuang, *Quantum Computation and Quantum Information*. Cambridge University Press.
- Daniel Gottesman, *An Introduction to Quantum Error Correction and Fault-Tolerant Quantum Computation* – <https://arxiv.org/abs/0904.2557>
- IBM Developer: *Quantum error correction codes: An overview* – <https://developer.ibm.com/articles/q-error-correction-codes/>
- Mitiq: *Error Mitigation Library* – <https://mitiq.readthedocs.io>

Este reto está diseñado para que explores el corazón del desafío cuántico actual: construir algoritmos útiles sobre un hardware imperfecto. Pensar, experimentar, fallar y analizar es parte del proceso.

**¡Atrévete a plantear tu sistema, a mejorar su fidelidad y a descubrir los límites de lo cuántico actual!**