

# IMPLEMENTACIÓN DEL QRAC DE UNO Y DOS QUBITS

QUANTUM PROGRAMMING COMPUTER  
PROFESOR: FABIO A. GONZÁLEZ

Arkai J. Ariza, Miguel Á. Castro



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE COLOMBIA

## Introducción

En general, el código de acceso aleatorio (o simplemente RAC) significa codificar un mensaje largo en menos bits con la capacidad de decodificar cualquiera de los bits iniciales -con alguna probabilidad de éxito-. Un código de acceso aleatorio puede caracterizarse porque  $n$  bits se codifican en  $m$  qubits y cualquiera de los bits iniciales puede recuperarse con una probabilidad de al menos  $p$ . Se requiere que  $p > 1/2$  ya que  $p = 1/2$  se puede lograr adivinando. En este trabajo se considera solo el caso cuando  $m = 1$  y  $m = 2$ .

## Objetivos

- Implementar un programa en qiskit que demuestre los aspectos teóricos de codificar bits en uno y dos qubits.
- Calcular la probabilidad de recuperar la información codificada en uno y dos qubits basado en la teoría RAC.
- Estimar la cantidad apropiada de bits que pueden ser almacenados en uno y dos qubits.

## Método

Para el desarrollo de los programas se va a utilizar google colab. Se van a tener dos archivos .ipynb, uno para la aplicación con un sólo qubit, y otro con dos qubits. Para preparar el entorno de ejecución se utiliza Qiskit, éste es un SDK de código abierto para trabajar con computadores cuánticos a nivel de pulsos, circuitos y módulos de aplicación.

- 1 Qubit: (2, 1) – QRAC,  
(3, 1) – QRAC
- 2 Qubits: (7, 2) – QRAC



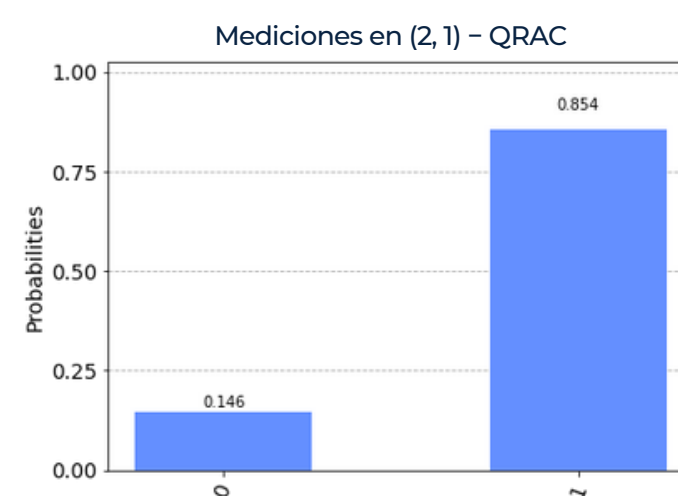
## Conclusiones

La codificación de acceso aleatorio (RAC) es uno de los pocos ejemplos en los que un pequeño número de bits cuánticos puede exhibir propiedades que no se pueden lograr con la misma cantidad de bits clásicos. Utilizando el Qiskit se puede comprobar los aspectos teóricos de las diferentes fuentes que afirman que con un solo qubit es posible codificar hasta 3 bits de información con probabilidad mejor que la adivinación aleatoria.

Así mismo se demuestra que el (7, 2)–QRAC posee una probabilidad de éxito que es de 0,54, lo que es ligeramente mejor que la adivinación aleatoria.

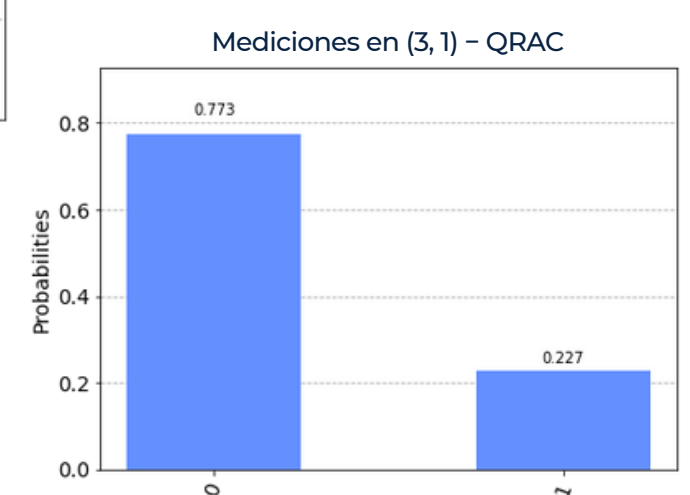
## Evaluación Experimental

En inicio, se utiliza el QuantumProgram of IBM Q Experience describiendo como construir el (2, 1)–QRAC, es decir, codificando 2 bits de información en 1 qubit para que cualquier bit pueda ser recuperado con una probabilidad de al menos 0,85, así como el (3, 1)–QRAC, es decir, codificando 3 bits de información en 1 qubit para que cualquier bit pueda ser recuperado con una probabilidad de al menos 0,78. Todas las compuertas unitarias y mediciones necesarias pueden realizarse por las compuertas de rotación  $u_3$ .

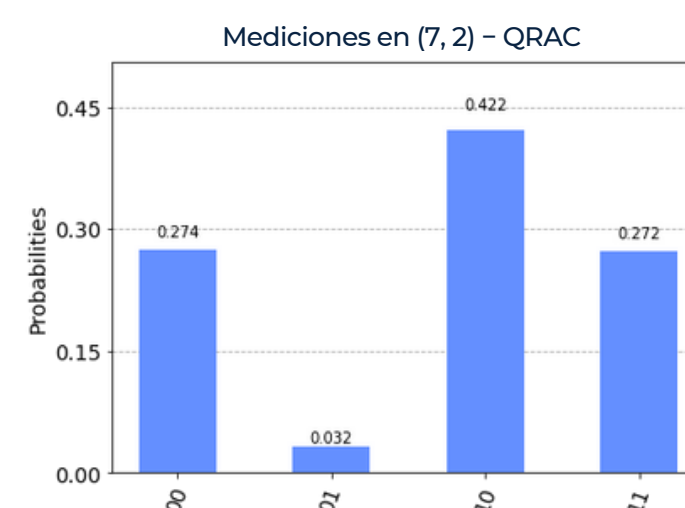


A partir de las simulaciones, se puede ver que cada uno de los bits codificados puede ser decodificado con una probabilidad cercana a los valores teóricos.

Tanto en las simulaciones de 2 y 3 bits codificados en un qubit se aproximan en gran manera a los valores teóricos de 0,85 y 0,78 respectivamente.



Se desarrolla un (7, 2)–QRAC en donde la probabilidad de éxito es de 0,54, lo que es ligeramente mejor que la adivinación aleatoria. Se usan estados cuánticos mixtos para calcular el resultado final en el (7, 2) – QRAC. En este proceso se calcula la probabilidad de cada bit, entonces si se toma, por ejemplo el 7 bit, se tiene:



El programa permite experimentar con otras codificaciones de siete bits cambiando el valor 'x1234567' en el código, y ver que en cualquier caso podemos decodificar el bit correcto con probabilidad estrictamente mejor que la adivinación aleatoria.