

TRABAJO DE FIN DE GRADO  
ESTUDIO DE ALGORITMOS CUÁNTICOS Y  
RELACIÓN DE LOS MISMOS CON LA  
FÍSICA

Raúl Osuna Sánchez-Infante

Mayo de 2021

# Índice

<b>1. Resumen o abstract</b>	<b>2</b>
<b>2. Introducción</b>	<b>2</b>
2.1. Fundamentos matemáticos y lógicos . . . . .	2
2.1.1. Números complejos . . . . .	3
2.1.2. Vectores . . . . .	3
2.1.3. Álgebra de Boole y puertas lógicas clásicas . . . . .	3
2.2. Bases físicas y particularidades de la física cuántica . . . . .	3
2.2.1. Mecánica cuántica y aplicación a algoritmos . . . . .	3
2.3. Fundamentos computacionales . . . . .	3
2.3.1. Algoritmos . . . . .	3
<b>3. Objetivos</b>	<b>3</b>
<b>4. Métodos y material</b>	<b>4</b>
<b>5. Resultados</b>	<b>4</b>
<b>6. Discusión</b>	<b>4</b>
<b>7. Conclusiones</b>	<b>4</b>
<b>8. Anexos</b>	<b>4</b>
8.1. Código fuente . . . . .	4
<b>9. Bibliografía</b>	<b>4</b>

## 1. Resumen o abstract

Esta parte queda mejor si se rellena la última.

## 2. Introducción

### 2.1. Fundamentos matemáticos y lógicos

En principio, simplemente enunciarlas y quizás incluir una simple información al respecto de las herramientas que se emplearán, ya que ya se han estudiado en los cursos anteriores del grado y no es el objetivo de este TFG. Conviene considerar si se debería mover todo este punto a la sección

### **2.1.1. Números complejos**

### **2.1.2. Vectores**

### **2.1.3. Álgebra de Boole y puertas lógicas clásicas**

## **2.2. Bases físicas y particularidades de la física cuántica**

Para no caer en el error de hacer un TFG con poca relación con la física, extenderse aquí.

### **2.2.1. Mecánica cuántica y aplicación a algoritmos**

- Dualidad onda-partícula
- Superposición
- Entrelazamiento
- Interferencia
- Qubits y esfera de Bloch. Notación bra-ket. Probabilidades de un estado
- Postulados cuánticos
- Puertas cuánticas
- Representación matemática de los circuitos cuánticos
- Supremacía cuántica
- Codificación superdensa
- Criptografía cuántica (BB84)
- Teleportación cuántica

## **2.3. Fundamentos computacionales**

### **2.3.1. Algoritmos**

Algoritmos cuánticos. Oráculos. Descripción de algoritmos (Deutsch-Josza, Grover, etc...)

## **3. Objetivos**

- Estudio de diversos ejemplos de algoritmos cuánticos
- Comparación de los mismos con los algoritmos clásicos equivalentes, en términos como velocidad y eficiencia
- Implementación práctica personal de un algoritmos ya existente (Deutsch-Josza)

- Implementación personal y ampliación de un algoritmo ya existente (Grover para 3 qubits, implementando la búsqueda de cualquier posible solución dentro de las  $2^3 = 8$  posibles, incluyendo soluciones dobles)
- Ejecución de los algoritmos tanto en simuladores cuánticos, como en ordenadores cuánticos reales.

## 4. Métodos y material

- Lenguaje Python para la programación de los algoritmos.
- Librería Qiskit para, entre otras cosas, la implementación de puertas cuánticas de una manera simple mediante código.
- Cuenta gratuita de IBM Quantum Experience para acceder a la ejecución del código en hardware cuántico real.

## 5. Resultados

- Comparación de la mejora en la eficiencia según el número de pasos necesario

## 6. Discusión

- Discusión de los errores en el hardware real. Explicaciones al respecto.
- Limitaciones de los algoritmos. Hardware. Estado del arte para la generación de qubits. Caracterización de los circuitos y puertas cuánticas.

## 7. Conclusiones

## 8. Anexos

### 8.1. Código fuente

Disponible en Github: <https://github.com/raulillo82/TFG-Fisica-2021>  
Listado de archivos:

```
license.txt
d-j.py
grover.py
```

## 9. Bibliografía