

# Implementación de Algoritmo de Deutsch y Deutsch-Jozsa

**Zayra Gutiérrez**

**Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito**

**Zayra.gutierrez-s@mail.escuelaing.edu.co**



Escuela Colombiana De Ingeniería Julio Garavito  
**Ciencias Naturales y Tecnología**  
**21/01/23**

*Este reporte se entrega para cumplir con los requisitos parciales del curso CNYT:  
Computación Cuántica- 2020-1*

## Tabla de contenidos

<b>TABLA DE CONTENIDOS .....</b>	<b>2</b>
<b>1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>2</b>
<b>2 ALGORITMO DE DEUTSCH.....</b>	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>
2.1 PROBLEMA.....	2
2.2 IMPLEMENTANDO LAS FUNCIONES EN EL COMPUTADOR CUÁNTICO .....	3
2.3 IMPLEMENTANDO EL ALGORITMO DE DEUTSCH EN UN COMPUTADOR CUÁNTICO.....	9
<b>3 ALGORITMO DE DEUTSCH-JOZSA.....</b>	<b>9</b>
3.1 PROBLEMA.....	12
3.2 IMPLEMENTANDO LAS FUNCIONES EN EL COMPUTADOR CUÁNTICO .....	12
3.3 IMPLEMENTANDO EL ALGORITMO DE DEUTSCH-JOZSA EN UN COMPUTADOR CUÁNTICO.....	9
<b>4 CONCLUSIONES.....</b>	<b>17</b>
<b>5 BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>17</b>

## 1 Introducción

A la vez que se desarrolla la tecnología cuántica, es importante reflexionar sobre las implicaciones éticas y sociales que esta tecnología puede tener en nuestra sociedad. Uno de los aspectos que podrían ser objeto de discusión es el control y la difusión de la información en el contexto cuántico.

La naturaleza mutable de la realidad cuántica puede ser aprovechada para implementar mecanismos de control de acceso y transmisión de información que serían difíciles de monitorear o bloquear en sistemas basados en tecnologías anteriores. Esto podría tener implicaciones significativas en áreas como la seguridad de la información, la privacidad y la soberanía digital.

Además, es importante considerar las posibles implicaciones económicas y de desarrollo en la adopción de la tecnología cuántica. El desarrollo de sistemas de cálculo cuánticos de alta velocidad y precisión podría acelerar el progreso en diversos campos y estimular el crecimiento económico. Sin embargo, es crucial garantizar que la tecnología cuántica se utilice de manera ética y justa, evitando desigualdades en el acceso y el uso de estas herramientas.

### 1.1 Problema

Una estructura lógica es una respuesta imperativa, con el fin de automatizar procesos simples o complejos, definición que le corresponde a la palabra “Algoritmo” y a la cual se

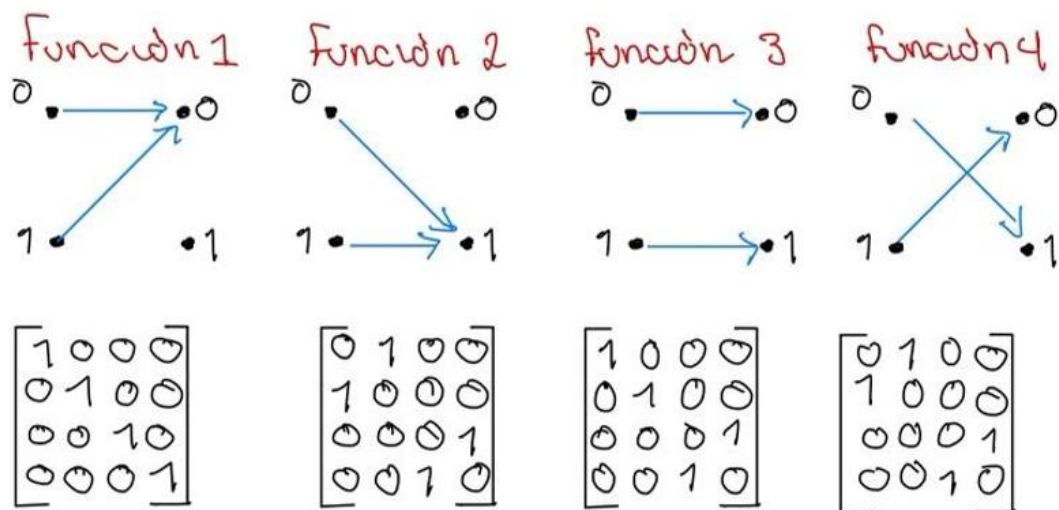
le debe mucho de la tecnología moderna. Sin embargo, estos algoritmos están limitados por temas de hardware o físicos, ya que el procesador depende de sus materiales, lo que limita su capacidad para procesar grandes cantidades de información.

Sin embargo, la computación cuántica ha abierto nuevas posibilidades para el procesamiento de datos. Al utilizar el multiverso, la computación cuántica permite que los algoritmos de complejidad muy alta se vuelvan más eficientes

A continuación, vamos a implementar el algoritmo de Deutsch para las 4 funciones que pueden crearse, en cada punto vamos a mostrar su respectiva función, cómo se calculó la matriz  $U_f$ , la lógica de cómo se creó el circuito, y si esta función es balanceado o constante, construyendo el circuito en IMQB.

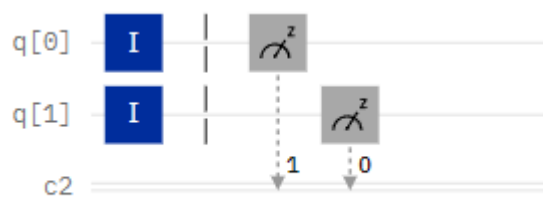
## 1.2 Implementando las funciones en el computador cuántico

Las 4 funciones con su respectiva matriz asociada y respectivo grafo.



Circuitos correspondientes a cada función:

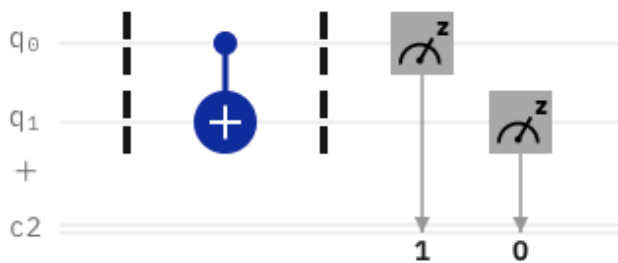
1. Función 1



2. Función 2



3. Función 3



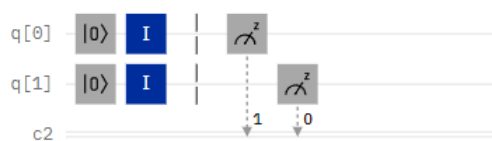
4. función 4



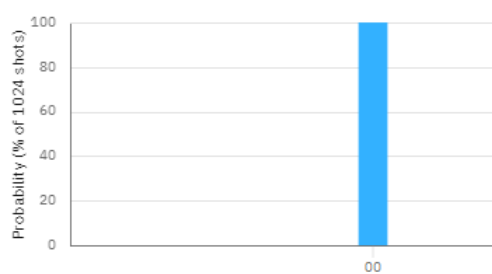
P

## Pruebas de cada función:

### 1. Función 1



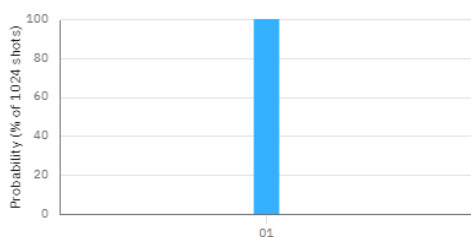
Probabilities



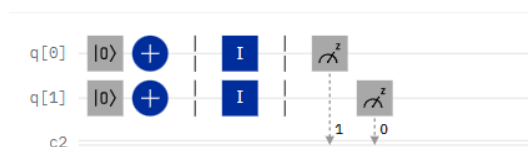
*Prueba con 00*



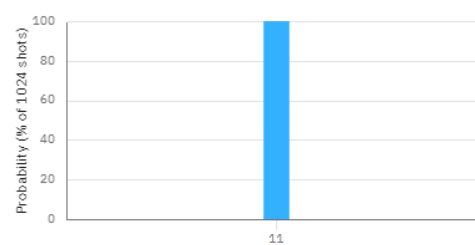
Probabilities



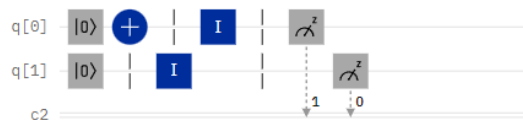
*Prueba con 01*



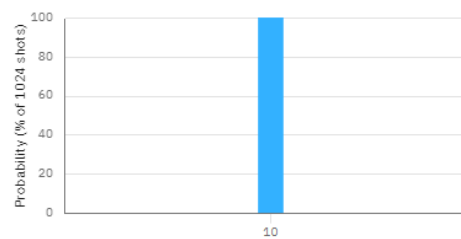
Probabilities



*Prueba 11*



Probabilities

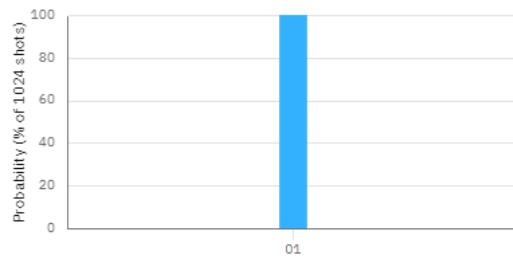


*Prueba 10*

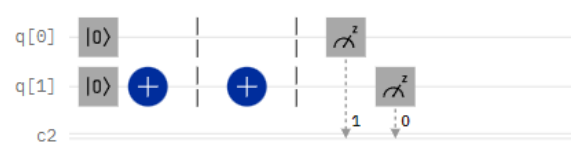
## 2. Función 2



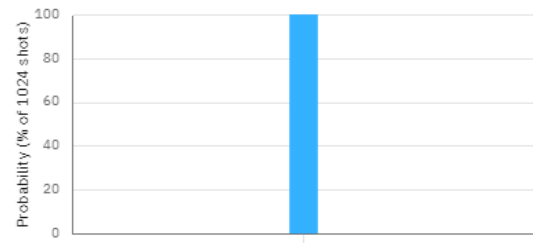
Probabilities



*Prueba con 00*



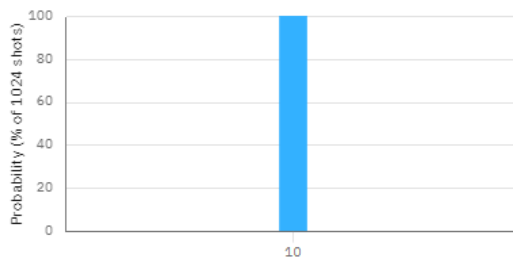
Probabilities



*Prueba 01*

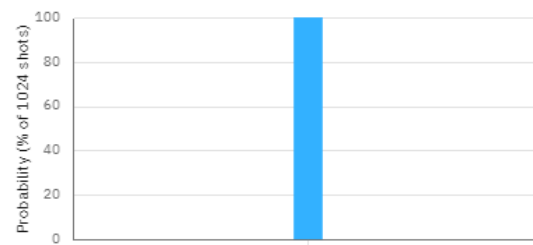


Probabilities



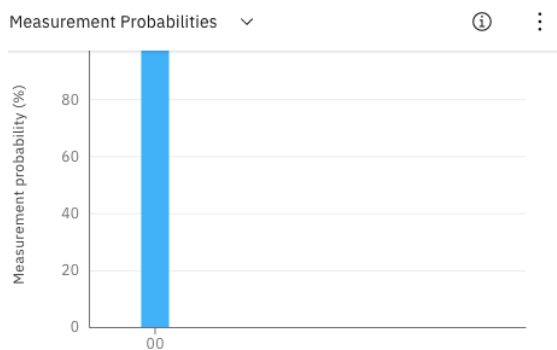
*Prueba con 11*

Probabilities

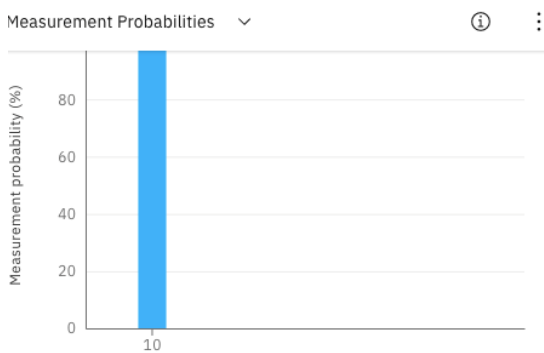
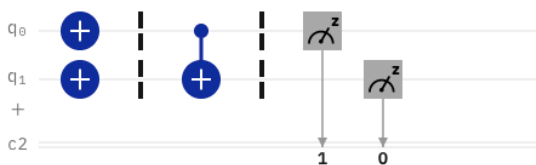


*Prueba 10*

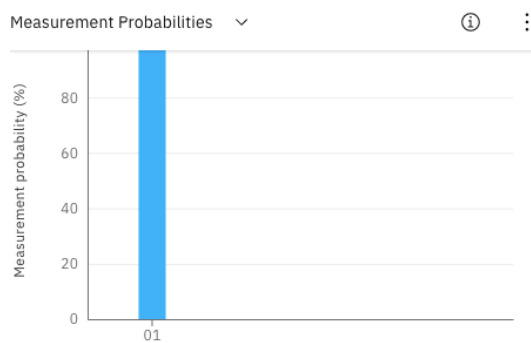
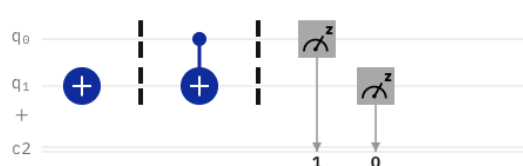
### 3. Función 3



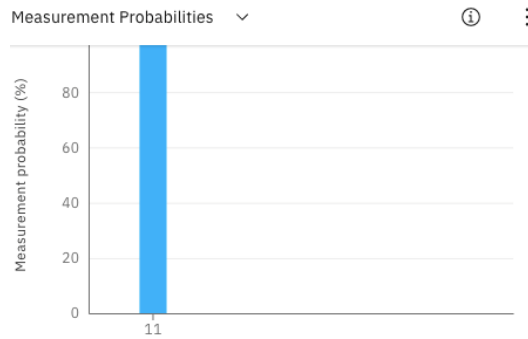
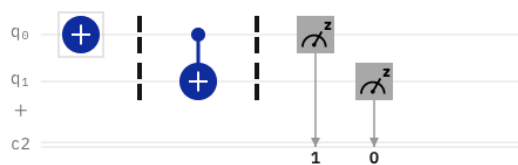
*Prueba con 00*



*Prueba con 11*

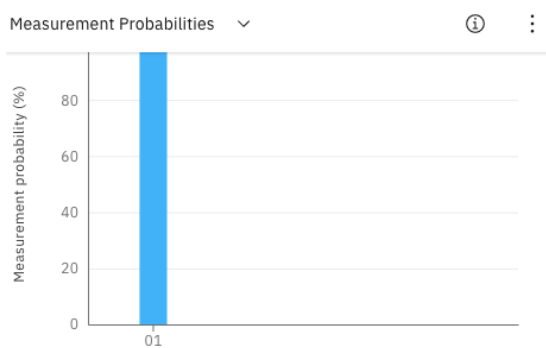
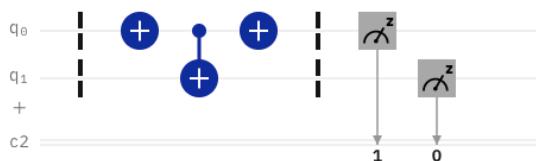


*Prueba 01*

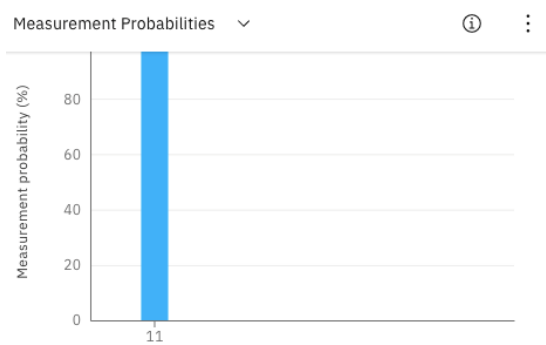


*Prueba 10*

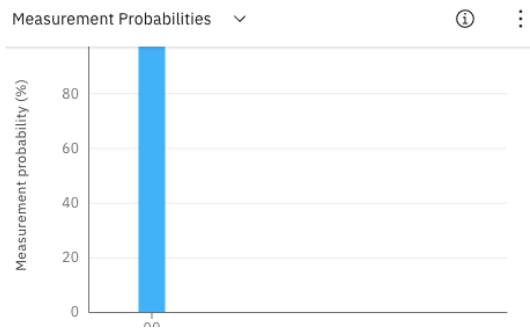
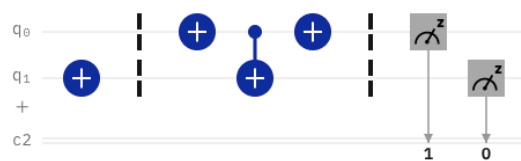
#### 4. Función 4



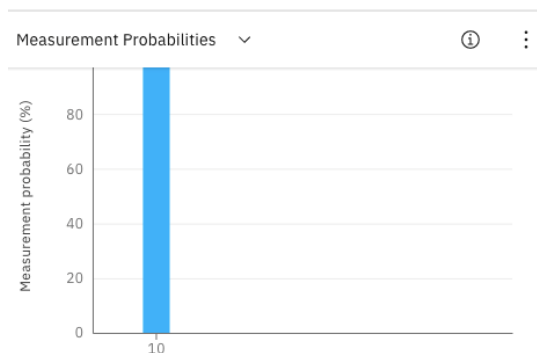
*Prueba con 00*



*Prueba con 11*



*Prueba 01*



*Prueba 10*



### 1.3 Implementando el algoritmo de Deutsch en un computador cuántico

A partir de lo expuesto, se llega a la conclusión de que, para cada entrada, la salida de la matriz correspondiente será consistente. La resolución de este dilema se fundamenta en la utilización de circuitos cuánticos. Al considerar dos qbits, el algoritmo evalúa el estado final del sistema con el primer qbit, donde el qbit superior es 1 y el qbit inferior es 1. La obtención de la parte superior genera un resultado binario que interpretamos: si el qbit devuelve 0, significa que la función es constante, y si el qbit superior devuelve 1, indica que la función está balanceada. Este enfoque mediante circuitos cuánticos ofrece una perspectiva precisa sobre la naturaleza de la función evaluada.

### Algoritmo de Deutsch-Jozsa

Una estructura lógica se presenta como una respuesta imperativa, buscando la automatización de procesos tanto simples como complejos. Esta característica define lo que entendemos por "algoritmo", una palabra a la cual se le atribuye gran parte de los avances en la sociedad moderna.

Sin embargo, estos algoritmos encuentran limitaciones sustanciales debido a restricciones de hardware o físicas, ya que el rendimiento del procesador está directamente vinculado a los materiales con los que está construido.

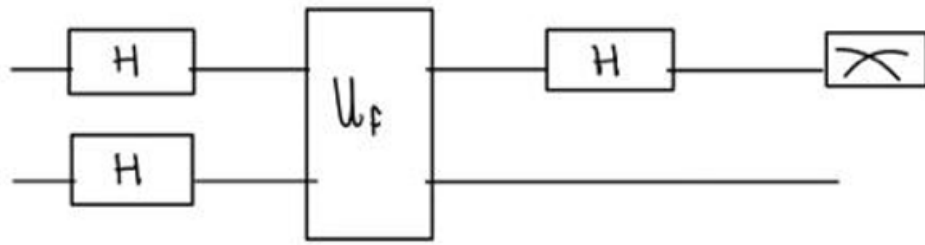
En contraste, la computación cuántica abre nuevas posibilidades al permitir el procesamiento de datos de manera multi-paralela a través del concepto del multiverso. Esto tiene un impacto significativo en algoritmos altamente complejos, reduciendo su complejidad a un nivel mínimo en comparación con el universo clásico.

Un ejemplo destacado es el algoritmo de Deutsch, que utiliza dos entradas para evaluar una función. Este enfoque se convierte en una herramienta valiosa al implementar funciones cuánticas en comparación con los enfoques clásicos, aprovechando las propiedades únicas de la computación cuántica para realizar procesamiento altamente eficientes.

### Implementando el algoritmo de Deutsch-Jozsa en un computador cuántico

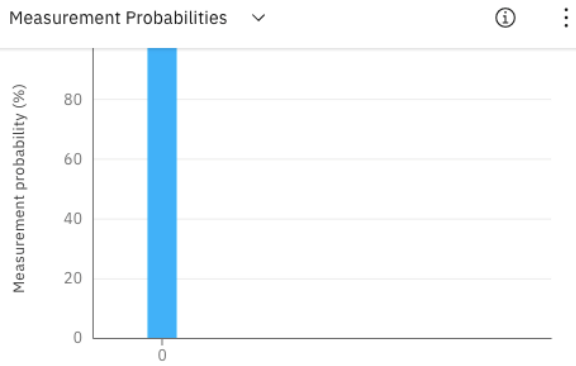
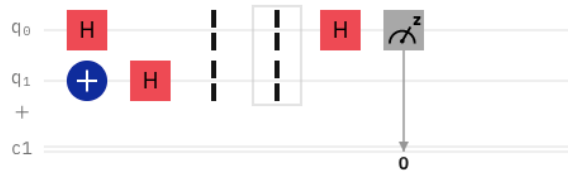
La función es balanceada si  $f(0) \neq f(1)$

La función es constante si  $f(0) = f(1)$



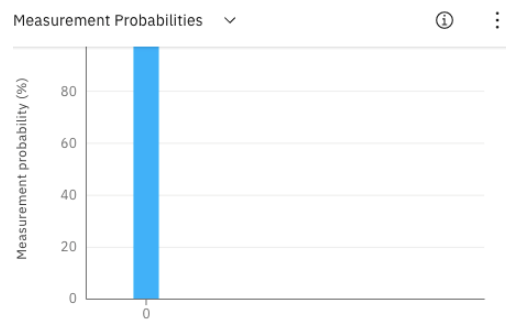
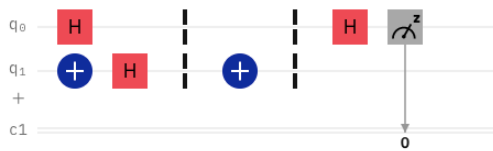
### 1. Circuito 1

Es una función constante.



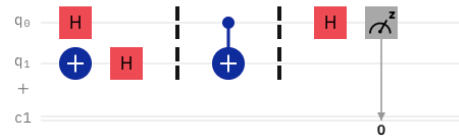
### 2. Circuito 2

Es una función constante

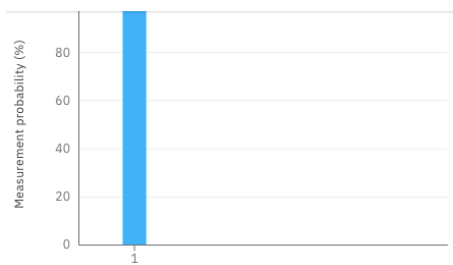


### 3. Circuito 3

Es una función balanceada



Measurement Probabilities

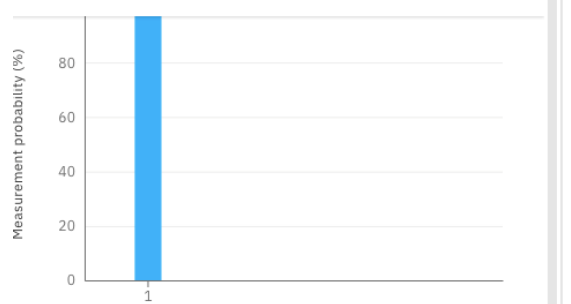


### 4. Circuito 4

Es una función balanceada



Measurement Probabilities



## 2 Algoritmo de Deutsch-Jozsa

Después de explorar en profundidad el algoritmo de Deutsch, surge la oportunidad de introducir herramientas complementarias, como el algoritmo de Deutsch-Jozsa, que va más allá al admitir no solo dos, sino múltiples entradas.

En términos sencillos, Deutsch-Jozsa amplía el alcance de la computación cuántica para influir en el ámbito de la matemática y el álgebra. Esta extensión permite que funciones

de diversos espacios vectoriales se beneficien de un análisis más amplio y, por ende, contribuye significativamente a la investigación en este campo.

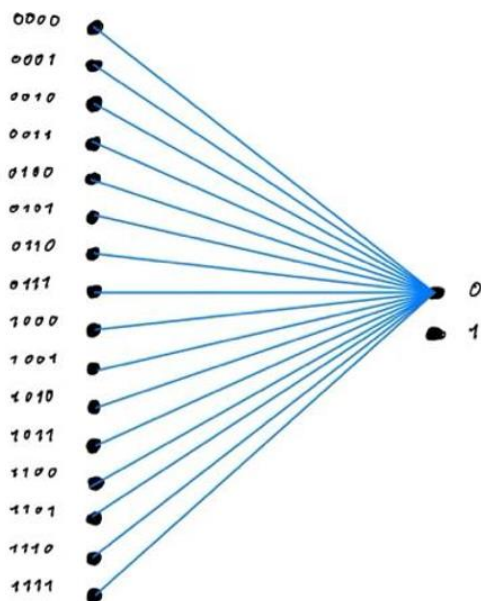
## 2.1 Problema

En la actualidad, la computación cuántica ha desplegado su influencia en la complejidad del mundo. Este algoritmo en particular ofrece una solución ágil y eficiente al determinar rápidamente si una función es balanceada, constante o ninguna de las anteriores. Esto aporta una notable precisión al momento de introducir y procesar datos, marcando un hito en la capacidad de la computación cuántica para abordar problemas con rapidez y eficacia.

## 2.2 Implementando las funciones en el computador cuántico

Abordemos la implementación de funciones en el contexto de la computación cuántica. Cada función se materializa como un circuito, y su resultado está intrínsecamente ligado a las entradas proporcionadas. La conexión entre las entradas y los resultados se visualiza de manera clara en la matriz correspondiente. En este escenario particular, la matriz es considerablemente extensa, con dimensiones de 32 x 32, lo que hace necesario observarla en formato de código para comprender completamente su estructura y funcionamiento.

### 1. Función 1

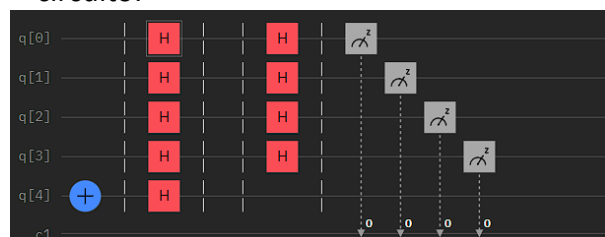


Uf:

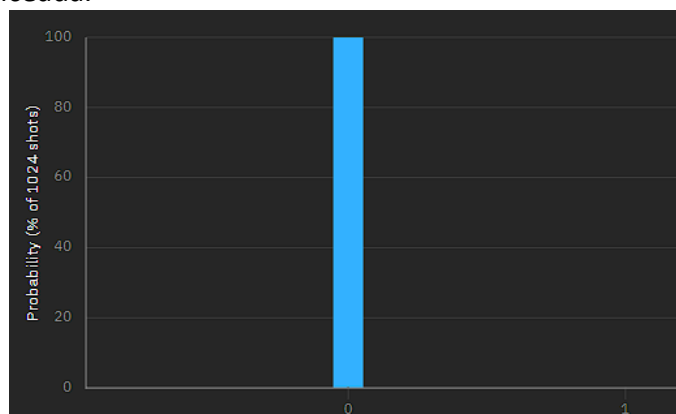
```
[1.+0.j 0.+0.j 0.+0.j ... 0.+0.j 0.+0.j 0.+0.j]
[0.+0.j 1.+0.j 0.+0.j ... 0.+0.j 0.+0.j 0.+0.j]
[0.+0.j 0.+0.j 1.+0.j ... 0.+0.j 0.+0.j 0.+0.j]
...
[0.+0.j 0.+0.j 0.+0.j ... 0.+0.j 0.+0.j 0.+0.j]
[0.+0.j 0.+0.j 0.+0.j ... 0.+0.j 0.+0.j 0.+0.j]
[0.+0.j 0.+0.j 0.+0.j ... 0.+0.j 0.+0.j 0.+0.j]
```

Función balanceada

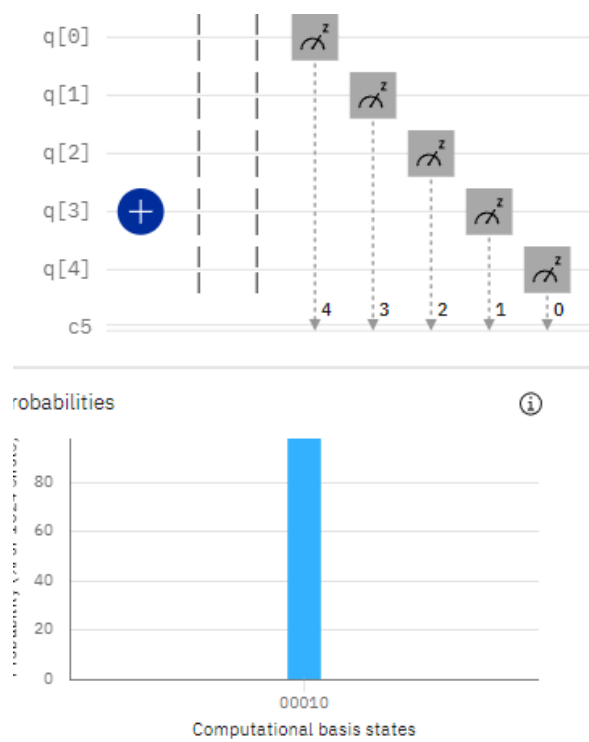
circuito:



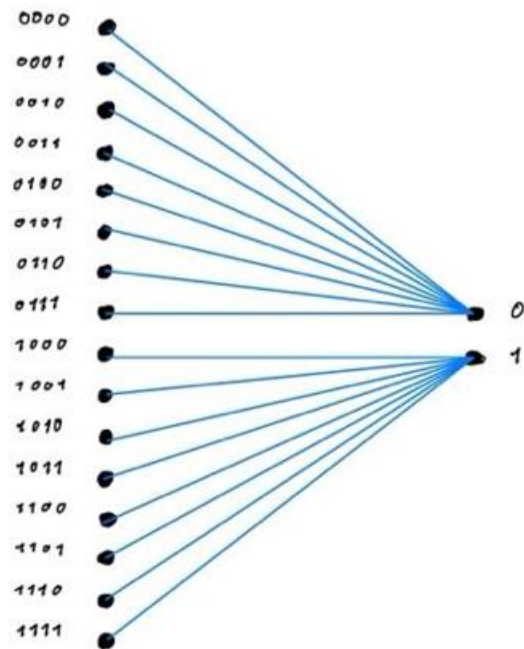
La función es balanceada.



Prueba 00010:



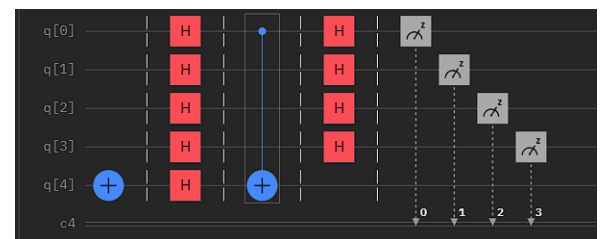
## 2. Función 2



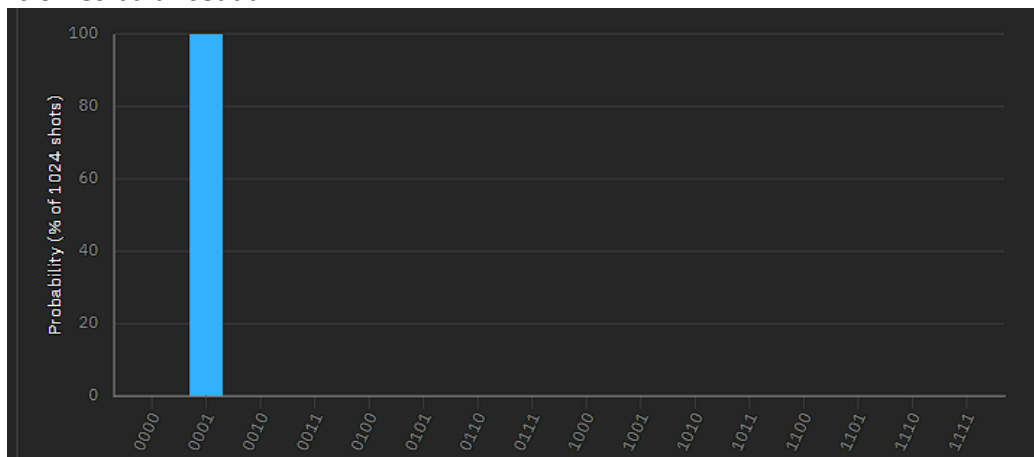
Uf:

circuito:

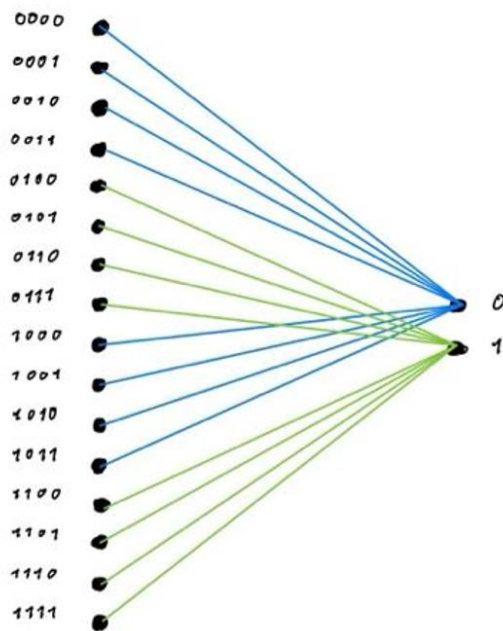
```
[[1.+0.j 0.+0.j 0.+0.j ... 0.+0.j 0.+0.j 0.+0.j]
 [0.+0.j 1.+0.j 0.+0.j ... 0.+0.j 0.+0.j 0.+0.j]
 [0.+0.j 0.+0.j 1.+0.j ... 0.+0.j 0.+0.j 0.+0.j]
 ...
 [0.+0.j 0.+0.j 0.+0.j ... 0.+0.j 0.+0.j 0.+0.j]
 [0.+0.j 0.+0.j 0.+0.j ... 0.+0.j 0.+0.j 0.+0.j]
 [0.+0.j 0.+0.j 0.+0.j ... 0.+0.j 0.+0.j 0.+0.j]]
```



La funcion es balanceada:



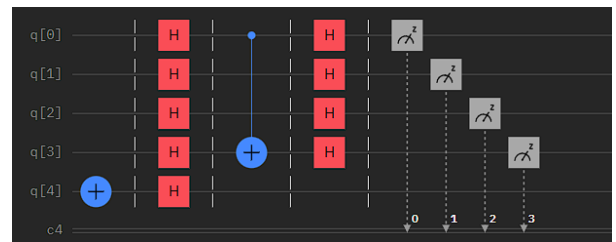
### 3. Función 3



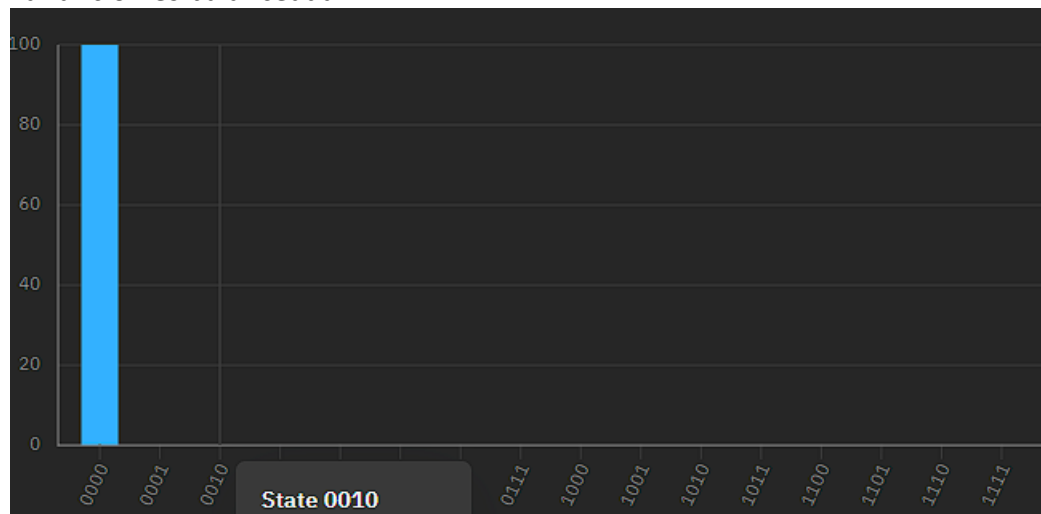
Uf:

circuito:

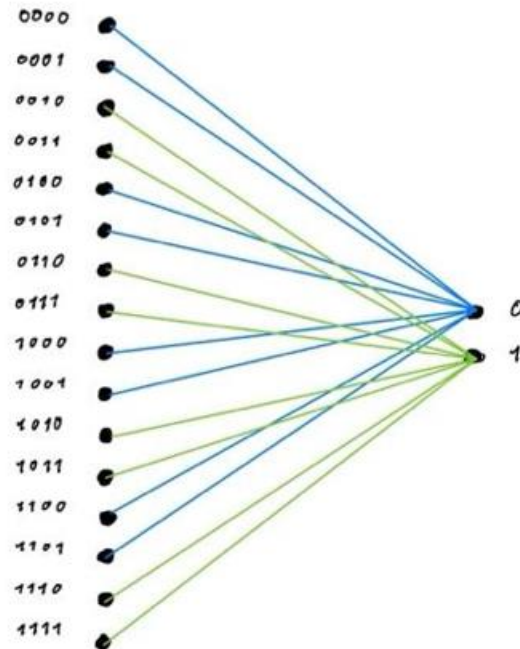
```
[ [1.+0.j 0.+0.j 0.+0.j ... 0.+0.j 0.+0.j 0.+0.j]
  [0.+0.j 1.+0.j 0.+0.j ... 0.+0.j 0.+0.j 0.+0.j]
  [0.+0.j 0.+0.j 1.+0.j ... 0.+0.j 0.+0.j 0.+0.j]
  ...
  [0.+0.j 0.+0.j 0.+0.j ... 0.+0.j 0.+0.j 0.+0.j]
  [0.+0.j 0.+0.j 0.+0.j ... 0.+0.j 0.+0.j 0.+0.j]
  [0.+0.j 0.+0.j 0.+0.j ... 0.+0.j 0.+0.j 0.+0.j]]
```



La funcion es balanceada:



#### 4. Función 4

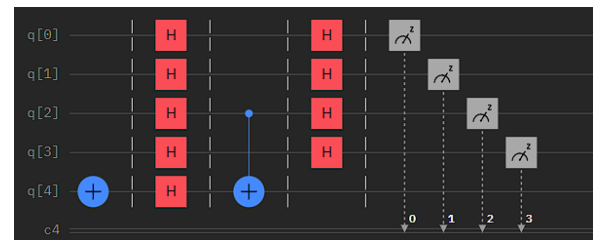


Uf:

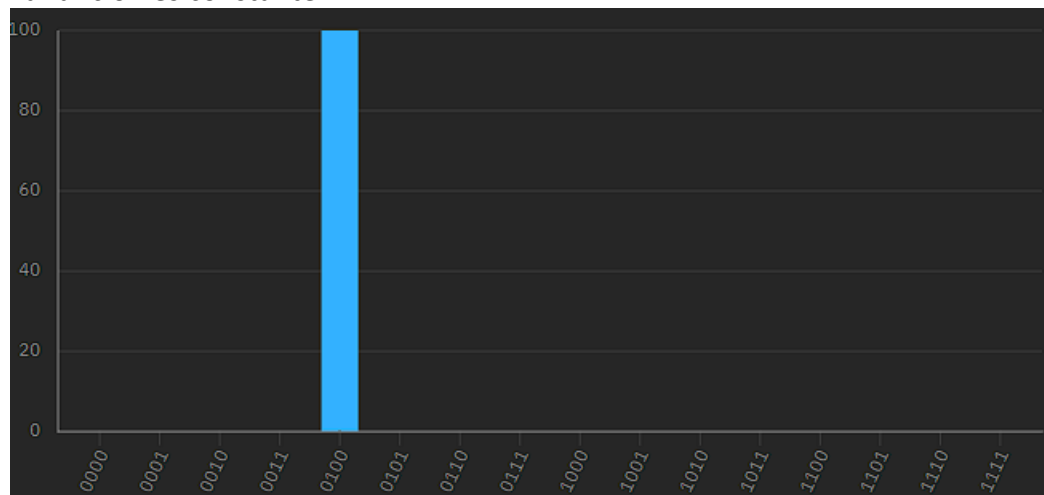
```
[ [1.+0.j 0.+0.j 0.+0.j ... 0.+0.j 0.+0.j 0.+0.j]
  [0.+0.j 1.+0.j 0.+0.j ... 0.+0.j 0.+0.j 0.+0.j]
  [0.+0.j 0.+0.j 1.+0.j ... 0.+0.j 0.+0.j 0.+0.j]
  ...
  [0.+0.j 0.+0.j 0.+0.j ... 0.+0.j 0.+0.j 0.+0.j]
  [0.+0.j 0.+0.j 0.+0.j ... 0.+0.j 0.+0.j 0.+0.j]
  [0.+0.j 0.+0.j 0.+0.j ... 0.+0.j 0.+0.j 0.+0.j]]

Total count for 00 and 11 are: {'0000': 1000}
```

Circuito:



La funcion es constante:





### 3 Conclusiones

- Los algoritmos de Deutsch y Deutsch-Jozsa destacan como ejemplos claros de cómo la computación cuántica puede simplificar y resolver problemas de complejidad y procesamiento de datos que, en la actualidad, se ven limitados por restricciones físicas.
- A lo largo de este informe, se han explorado diversas funciones y ejecuciones de estos algoritmos, revelando su rendimiento excepcional. Este desempeño sobresaliente subraya la importancia crítica de comprender y estudiar estos fenómenos cuánticos, ya que la capacidad de procesamiento eficiente de datos y la baja complejidad en la ejecución pueden dar lugar a teorías y tecnologías innovadoras que transformen tanto el mundo como la especie humana.
- La implementación de estos algoritmos juega un papel crucial al reducir significativamente la cantidad de operaciones necesarias para determinar si una función es balanceada o constante, en comparación con la computación clásica. La reducción de complejidad es evidente al considerar que la complejidad en un computador clásico es de  $O(2^n)$ , mientras que en un computador cuántico se reduce drásticamente a  $O(1)$ .
- Se destaca que el algoritmo de Deutsch demuestra ser 100% efectivo para discernir si una función es constante o balanceada, con el computador IBM liderando actualmente en la capacidad para realizar estos cálculos con mínimos desvíos o percances. Por otro lado, el algoritmo Deutsch-Jozsa muestra su efectividad sin importar el dominio o la dificultad de la función, lo que lo posiciona como una herramienta versátil y confiable en el ámbito de la computación cuántica. Estos avances abren la puerta a un nuevo panorama en la resolución de problemas complejos y al desarrollo de tecnologías revolucionarias.

### 4 Bibliografía

Quantum Computing For Computer Scientists

El algoritmo de Deutsch-Jozsa - <https://www.youtube.com/watch?v=G0pctFUOFNM>

Algoritmo de Deutsc - [https://www.youtube.com/watch?v=\\_z5xHHTz2uo](https://www.youtube.com/watch?v=_z5xHHTz2uo)