



# Tecnologías Cuánticas en el INMA

## COMPUTACIÓN CUÁNTICA

La computación cuántica pretende aprovechar las propiedades cuánticas de la materia para crear ordenadores que superen a su versión 'clásica'. Mientras que la mayoría de investigadores y empresas se han centrado en el uso de materiales superconductores, el INMA es pionero en computación cuántica basada en materiales magnéticos, una aproximación original y prometedora. Nos centramos principalmente en tres líneas:

1. Procesador cuántico basado en moléculas magnéticas, capaces implementar varios cúbits, acopladas a circuitos superconductores
2. Manipulación y lectura de cúbits de espín mediante resonadores magnéticos
3. Cúbits basados en espines en grafeno

### ¿Qué es un bit?

Un bit es la unidad básica de información que un ordenador puede procesar. Puede tomar dos valores, 0 o 1, y en los ordenadores clásicos corresponde a si hay corriente eléctrica (1) o no (0) en un transistor



Mediante puertas lógicas podemos construir circuitos digitales con los que realizar cálculos. Por ejemplo:

Puertas de un bit como NOT

Input 1	Output
0	1
1	0

Puertas de dos bits como AND

Input 1	Input 2	Output
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Con estas puertas se puede hacer cualquier operación

### ¿Qué es un cúbit?

Es la versión cuántica de un bit. A diferencia de éste, el cúbit puede existir en superposición que significa que hay una cierta probabilidad de obtener 0 o 1 al leerlo. Los cúbits también pueden entrelazarse, cuando la medida de uno de ellos afecta instantáneamente el resultado esperado al medir el otro.



También existen puertas lógicas cuánticas, por ejemplo:

Puertas de un cúbit como Hadamard

Input	Output
0	$( 0\rangle +  1\rangle)/\sqrt{2}$
1	$( 0\rangle -  1\rangle)/\sqrt{2}$

Transforma un cúbit en la base de medida a un estado superposición.

Puertas de dos cúbits como CNOT

Input 1	Input 2	Output 1	Output 2
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	1	1
1	1	1	0

Sirve para generar estados entrelazados

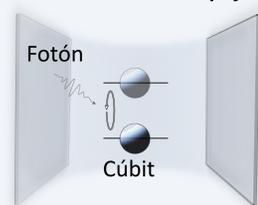
La física cuántica no se basa en probabilidades convencionales sino en "amplitudes de probabilidad", capaces de interferir de manera constructiva o destructiva (como en el experimento de la doble rendija). Un ordenador cuántico opera haciendo interferir constructivamente la solución correcta y destructivamente el resto.

### Resonadores Superconductores

Los resonadores son esenciales en computación cuántica: permiten leer cúbits y construir puertas lógicas cuánticas

Cuando una cuerda vibra, produce un sonido débil. La caja de la guitarra actúa como una cavidad resonante: amplifica el sonido a ciertas frecuencias.

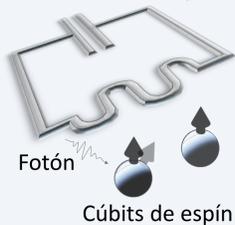
#### Resonador = dos espejos



Dos espejos forman un resonador. Si la luz que rebota entre ellos tiene la frecuencia correcta, se amplifica al rebotar muchas veces.

En los procesadores cuánticos se utilizan resonadores superconductores integrados en-chip, formados por un condensador y una inductancia en paralelo.

#### Resonador en-chip



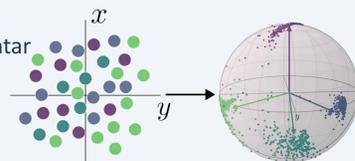
### Procesadores cuánticos a escala molecular



Moléculas magnéticas, diseñadas y sintetizadas mediante técnicas químicas, pueden codificar varios cúbits de espín

¡ Una simple molécula se convierte en un pequeño ordenador cuántico !

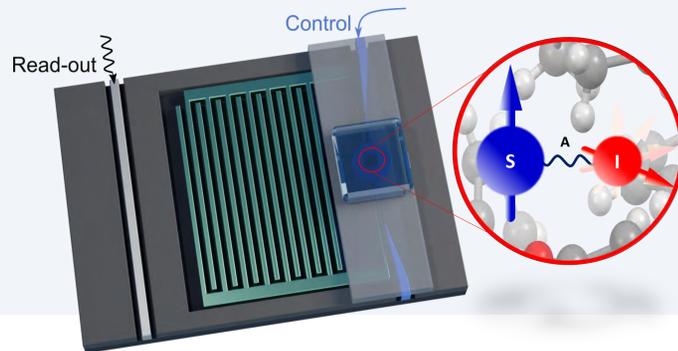
Sus múltiples niveles sirven para implementar puertas lógicas o corrección de errores, simulación o incluso resolver tareas como clasificación automática



Clase A Clase B Clase C Clase D Estados cuánticos de la molécula

#### Procesador cuántico híbrido

El acoplo de moléculas magnéticas a resonadores en un chip ofrece una vía para "cablear" moléculas magnéticas, es decir, realizar puertas lógicas, leer el resultado y comunicar entre sí moléculas distantes, creando un procesador cuántico escalable



### Diseño a medida de cúbits de espín orgánicos.

