



# **Manual de Operación**

Version 1.0.0

**Michael Stiven Caracas Núñez**

11 de junio de 2025

# Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>2</b>
<b>2. Información General</b>	<b>2</b>
2.1. Ubicación . . . . .	2
2.2. Acceso . . . . .	2
2.3. Advertencias . . . . .	3
<b>3. Especificaciones Técnicas y Componentes</b>	<b>3</b>
<b>4. Encendiendo Quipu</b>	<b>7</b>
<b>5. Paneles y Funciones de Quipu</b>	<b>8</b>
5.1. Interfaz de monitoreo . . . . .	9
5.1.1. Calibración de Quipu . . . . .	10
5.2. Interfaz de experimentos . . . . .	11
5.2.1. Interfaz de Circuito Cuántico . . . . .	15
5.2.2. Simulación de circuitos cuánticos . . . . .	17
5.3. Interfaz de configuración de usuario . . . . .	19
<b>6. Operación Remota: SpinQit y AnyDesk</b>	<b>19</b>
6.1. AnyDesk . . . . .	20
6.2. SpinQit . . . . .	21

# 1. Introducción

Esta guía tiene como objetivo proporcionar instrucciones detalladas para la operación y el correcto uso de Quipu, el primer computador cuántico en Colombia, adquirido por la Universidad de los Andes. Se incluyen especificaciones técnicas del sistema, descripción de sus componentes, instrucciones de calibración previa al uso, y un recorrido por sus interfaces: tanto la de experimentación en mecánica cuántica como la de construcción de algoritmos cuánticos.

Dado que Quipu cuenta con un total de 2 qubits reales y 8 simulables, su enfoque principal es el uso en aplicaciones pedagógicas. Esta guía está diseñada para facilitar su uso por parte de estudiantes, profesores y miembros de la comunidad uniandina, proporcionando información clave para su correcta operación. Se recomienda revisar este documento antes de utilizar el equipo, a fin de garantizar un uso adecuado y evitar posibles daños.

## 2. Información General

### 2.1. Ubicación

Quipu se encuentra en Compufísica, la sala de cómputo del Departamento de Física. Dicha sala está ubicada en el salón Y110B, en el Edificio Y, entre el banco Itaú y el Edificio Z.

### 2.2. Acceso

El acceso a Quipu está restringido a estudiantes, profesores y personal administrativo. Para reservar el equipo, es necesario contactar a Leonardo Aguilar ([leaguila@uniandes.edu.co](mailto:leaguila@uniandes.edu.co)) o al correo asociado al computador cuántico ([quipu@uniandes.edu.co](mailto:quipu@uniandes.edu.co)). La sala está disponible de 8:00 a.m. a 5:00 p.m., con previa reserva. Esta reserva se puede realizar en la página <https://fisica.uniandes.edu.co/es/docencia/computador-cuantico>.

### 2.3. Advertencias

Para evitar daños al equipo o a dispositivos cercanos, se recomienda no operar Quipu en presencia de campos magnéticos intensos ni acercar objetos magnéticos a menos de 30 centímetros del equipo. Esto incluye portátiles, celulares, o cualquier dispositivo con memoria magnética. Esto se debe a que Quipu opera bajo el principio de Resonancia Magnética Nuclear (RMN), el cual depende de la precisión de los campos magnéticos para la manipulación de los qubits. Cabe aclarar que la distancia de 30 cm puede variar según la intensidad del campo magnético producido por el dispositivo externo, por lo cual es de **suma importancia** que el computador cuántico no se encuentre en operación en presencia de campos magnéticos muy intensos, como aquellos producidos por imanes muy potentes, comparables al campo que generan los imanes de neodimio de Quipu ( $\sim 650$  mT).

También es importante que el computador no se movilice sin autorización previa, ni se desarme o desconecte ninguna de las componentes ilustradas en la siguiente sección. Esto con el fin de evitar daños a dichas componentes y/o a la calibración del computador.

## 3. Especificaciones Técnicas y Componentes

Quipu es un computador cuántico modelo **Gemini Lab** de la empresa **SpinQ**. Funciona mediante el principio de resonancia magnética, lo cual permite su operación a temperatura ambiente, y consiste de los siguientes componentes: la unidad portátil la cual corresponde al propio computador, una panorámica táctil mediante la cual se interactúa con el computador cuántico, y el cable de alimentación con su correspondiente adaptador. Las partes específicas de la unidad portátil se muestran en la Fig. 1. La Fig. 1a muestra las partes de la unidad portátil cuando se encuentra cerrada, mientras que la Fig. 1b enseña las partes de la unidad portátil cuando está se encuentra abierta.

En la Fig. 1a, (1) corresponde al botón de encendido del computador, se mantiene presionado hasta que se ilumine de azul, indicando que el computador se ha encendido. (2) es el puerto USB mediante el cual se conectan la unidad portátil y una pantalla táctil que se comunica con el computador. (3) y (4)

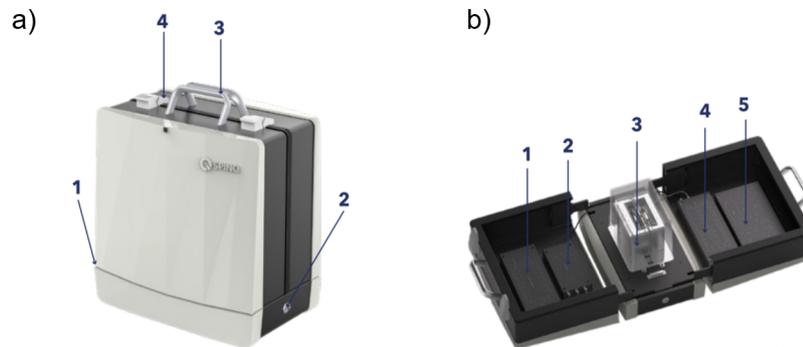


Figura 1: Imagen de la unidad portátil de Quipu tanto cerrada como abierta. Los números indican las partes de dicha unidad. a) 1. Interruptor de encendido, 2. Puerto USB y puerto de alimentación, 3. Manijas, 4. Cerrojo. b) 1. Módulo de control principal, 2. Módulo TR, 3. Imanes y muestra, 4. Módulo de fuente de alimentación, 5. Módulo de control de cuñas.

son las manijas y el cerrojo, respectivamente, para cerrar y transportar el computador.

En la Fig. 1b, (1) corresponde al módulo de control principal del computador. (2) corresponde al módulo TR, el cual se encarga de emitir y recibir las señales de radiofrecuencia hacia y de la muestra. (3) es el módulo que contiene una muestra de *metilfosfonato de dimetilo* ( $(CH_3O)_2POH$ ) en un tubo inmerso en el orificio ubicado en el centro de este módulo (ver Fig. 2). A los laterales de la muestra se ubican dos imanes de neodimio los cuales generan un campo magnético constante de aproximadamente 650 mT. Este módulo junto con el módulo TR son las partes donde se produce el fenómeno de resonancia magnética nuclear sobre la muestra de metilfosfonato de dimetilo. (5) es el módulo de control de cuñas, el cual se encarga del control del campo magnético constante generado por los imanes de neodimio mediante un proceso llamado *shimming*.

Todas las especificaciones técnicas y parámetros relevantes del computador Quipu y su operación se encuentran resumidos en la Tab. 1.

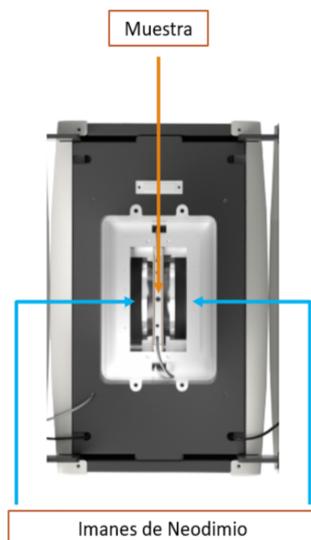


Figura 2: Imagen de la parte de imanes y muestra en la unidad portátil de Qipu. La imagen señala la ubicación del tubo de muestra de metilfosfonato de dimetilo, y la ubicación de dos imanes de neodimio.

Tabla 1: Especificaciones técnicas de Qipu.

Parámetros	Gemini Lab
<b>Medición y Control de Qubits</b>	
Número de Qubits	2
Tiempo de Coherencia	
$T_1$	10s
$T_2$	300ms
Fidelidad de Puerta de un Qubit	0.996
Fidelidad de Puerta de dos Qubits	0.993
Operación de Puerta de un Qubit	~100
Operación de Puerta de dos Qubits	~50
Frecuencia NMR (1H)	27.0 ± 1 MHz
Frecuencia NMR (31P)	11.0 ± 0.5 MHz
Frecuencia NMR (19F)	25.5 ± 1 MHz
Número de Canales RF	2

Tabla 1: – continuación

<b>Parámetros</b>	<b>Gemini Lab</b>
Resolución de Pulso	10ns
Ancho de Pulso de 90°	~30us
Resolución de Fase	0.01°
Resolución del Espectro H	~50Hz
<b>Magneto</b>	
Tipo de Imán	Imán permanente NdFeB
Densidad Magnética	0.65 Tesla ±5 %
Campo Disperso (a 0.5m del centro magnético)	<0.5m
Rango de Temperatura de Operación del Imán	0–40°C
Precisión del Bloqueo del Campo Magnético	0.1ppm
<b>Software y Funcionalidad</b>	
Sistema Operativo	Android
Método de Operación	Pantalla táctil externa
Actualización de Software en Línea	Sí
Introducción Integrada a la Computación Cuántica	Sí
Simulador de Computación Cuántica	24 qubits
Experimentos de Dinámica de Espín	Compatible con experimentos de física cuántica
Algoritmos de Demostración Incorporados	>14
Algoritmos Personalizados	Sí
Calibración Automática	Sí
Soporte para SpinQit	No
Soporte para Sistema Principal-Secundario	Sí
Soporte para Datos en la Nube	Sí

Tabla 1: – continuación

Parámetros	Gemini Lab
Soporte para Compartir Pantalla	Sí
Almacenamiento de Datos Local	No
<b>Hardware</b>	
Tensión de Alimentación	100~240V AC; 50/60Hz; Monofásico
Disipación de Potencia	~60W
Tamaño (H*W*D)	259*396*427mm (cerrado) 991*396*222mm (expandido)
Peso	20Kg

## 4. Encendiendo Quipu

En esta parte de la guía nos centraremos en la interfaz de control del computador, la cual se encuentra en una pantalla táctil que funciona con el sistema operativo Android, tal y como se muestra en la Fig. 3. El computador cuántico se conecta a esta pantalla mediante un cable USB-C, de forma que lo primero es verificar que el computador sí se encuentre conectado a la pantalla táctil. Para operar correctamente el computador cuántico, se debe seguir el siguiente protocolo:

1. Encender el computador, o verificar que esté encendido. Para encenderlo, se oprime y mantiene el botón de encendido correspondiente a la parte 1 en la Fig. 1a de la unidad portátil. El botón se debe mantener oprimido hasta que este y los alrededores de la ubicación de la muestra y los imanes se iluminen de azul, tal y como se muestra en la Fig. 4.
2. Encender la pantalla táctil o verificar que está encendida. El botón de encendido se encuentra en la parte posterior del computador. Se requiere de un pin de 4 dígitos para desbloquearla el cual se le dará al usuario cuando sea aprobado el acceso a Quipu.
3. Acceder a la aplicación llamada *SpinQ Quantum Computing Experimental System*; la identificará como una aplicación con el logo que se muestra en la Fig. 5.



Figura 3: Foto de la pantalla táctil mediante la cual se controla el computador cuántico.

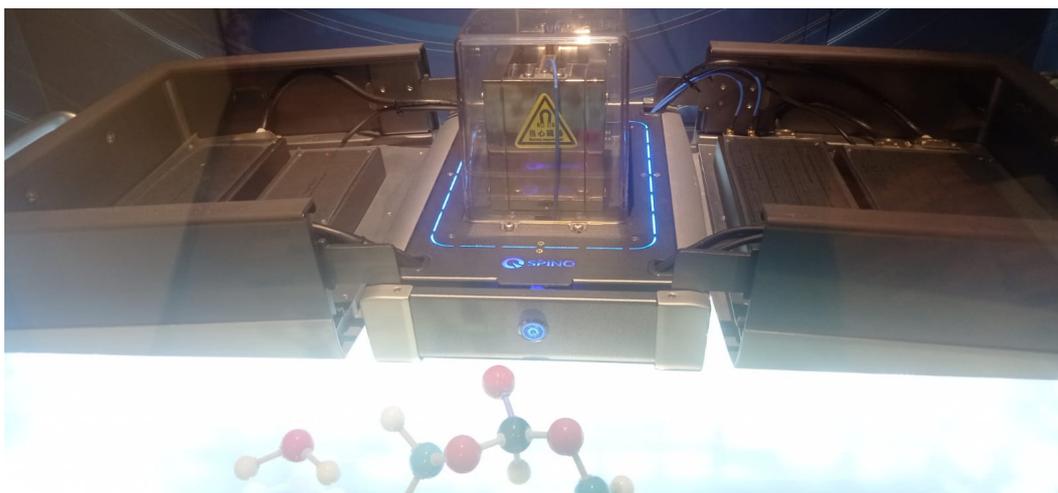


Figura 4: Foto del computador cuántico cuando este se encuentra encendido. En esta condición. Los alrededores de la caja de la muestra y del botón encendido están iluminados de azul.

## 5. Paneles y Funciones de Quipu

Quipu cuenta con 3 paneles o interfaces principales, las cuales se muestran en la parte inferior de la Fig. 6. Estos paneles son **Equipment** o la interfaz de monitoreo, **Experiment** o interfaz de experimentos, y **User settings** ó

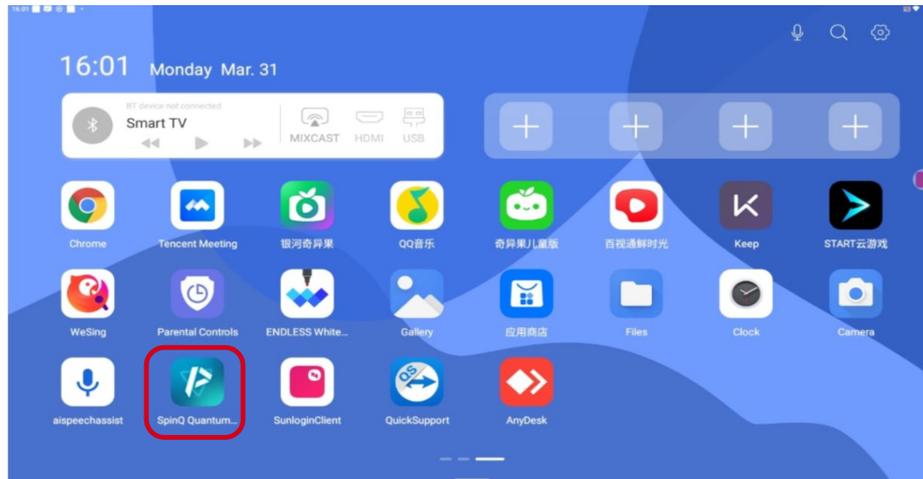


Figura 5: Imagen de la aplicación *SpinQ Quantum Computing Experimental System*. La aplicación corresponde a la señalada en el cuadro negro.

interfaz de configuración de usuario. A continuación se explicará con detalle la información disponible en cada una de estas interfaces, y las funciones que se podrán ejecutar desde estas.

## 5.1. Interfaz de monitoreo

Para acceder a esta interfaz, se oprime desde la pantalla táctil el panel de **Equipment** en la parte inferior de la Fig. 6. En esta misma imagen se muestra dicha interfaz, en las cuales se podrá consultar el estado del computador. En esta ventana se muestran cuatro gráficas, una gráfica de la temperatura del computador, una de la homogeneidad del campo magnético producido por los imanes de neodimio, una de la intensidad de dicho campo (*magnetic field strength*) y una del offset de la frecuencia del campo de radiofrecuencia. Además, el estado del computador se encuentra resumido en los cuadros **Device status** y **Device monitoring** que aparecen en la parte derecha de esta interfaz. En **Device status** se podrá observar el estado del *shimming* en el computador. Es importante que este se encuentre en *normal*, tal y como se muestra en la Fig. 6. Si esta se encuentra en *unlock* o *warning*, esto significa que el campo magnético producido por los imanes no es lo suficientemente homogéneo para el correcto funcionamiento del computador, por lo que se deberá ejecutar un proceso de **autoshimimg** que se explicará con más detalle en la sección de calibración.



Figura 6: Imagen de la interfaz de monitoreo de las condiciones del computador. En esta imagen se muestra el estado del computador en la parte derecha. Las gráficas mostradas corresponden a la temperatura del computador, y la homogeneidad del campo magnético producido por los imanes de neodimio.

Por otro lado, en **Device monitoring** es importante observar que la **motherboard** (placa madre) se encuentra conectada (*connected*) y que la **homogeneidad del campo magnético** este en *excellent*. En caso contrario, si la **motherboard** no se encuentra conectada, esto significa que el computador no está conectado correctamente a la pantalla táctil mediante el cable USB-C, por lo que se deberá revisar dicha conexión. Si la **homogeneidad del campo magnético** se encuentra en *good*, *normal* ó *bad*, será necesario ejecutar el proceso de **autoshimming**.

### 5.1.1. Calibración de Quipu

En caso de que no se cumplan las condiciones previamente establecidas para el correcto funcionamiento de Quipu, será necesario realizar un proceso de calibración del computador cuántico. Para esto, se sigue el siguiente protocolo:

1. Seleccionar la opción de **Autoshimming** en la parte inferior derecha de la interfaz de monitoreo (ver Fig. 6) y ejecutar dicho proceso. Esta calibración se aplica sobre la homogeneidad del campo magnético y toma aproximadamente 30 minutos.
2. Luego del autoshimming, seleccionar la opción de **Autocalibration** en la parte inferior derecha de la interfaz de monitoreo y ejecutar este proceso. Esta calibración se realiza sobre las frecuencias de Larmor del hidrógeno y del fósforo, y toma aproximadamente 5 minutos.
3. Verificar en la interfaz de monitoreo que las condiciones del computador sean **Shimming** normal, **Motherboard Connected** y homogeneidad del campo magnético **Excellent**.

Una vez realizada esta calibración, ya se podrá utilizar Quipu para desarrollar experimentos en mecánica cuántica o tareas de computación cuántica. Si en los pasos 1 ó 2 el proceso de autocalibración falla y aparece la ventana que se muestra en la Fig. 7, contacte inmediatamente al personal encargado del computador.

## 5.2. Interfaz de experimentos

Una vez el computador cuántico se encuentre calibrado, se puede acceder al panel o interfaz de experimentos en la parte inferior de la aplicación *SpinQ Quantum Computing Experimental System*, pulsando el botón *Experiment*. En esta interfaz podrá encontrar todo lo relacionado a los experimentos en mecánica cuántica que se pueden realizar en Quipu. Dicha ventana se muestra en la Fig. 8. En la primera fila se encuentran los documentos correspondientes a las guías explicativas de cada experimento. *Principles of quantum computing* contiene las guías asociadas a los experimentos básicos en mecánica cuántica necesarios para entender los fundamentos mediante los cuales funciona Quipu. *Quantum algorithm* contiene las guías de los experimentos relacionados a los algoritmos de ejemplo que se pueden construir e implementar en el computador cuántico. *Integrated quantum technology* es la sección de las guías de los experimentos sobre fenómenos mucho más avanzados, necesarios para entender el funcionamiento de los computadores del modelo Gemini Lab.

Por ejemplo, para acceder a las guías de los experimentos básicos en mecá-

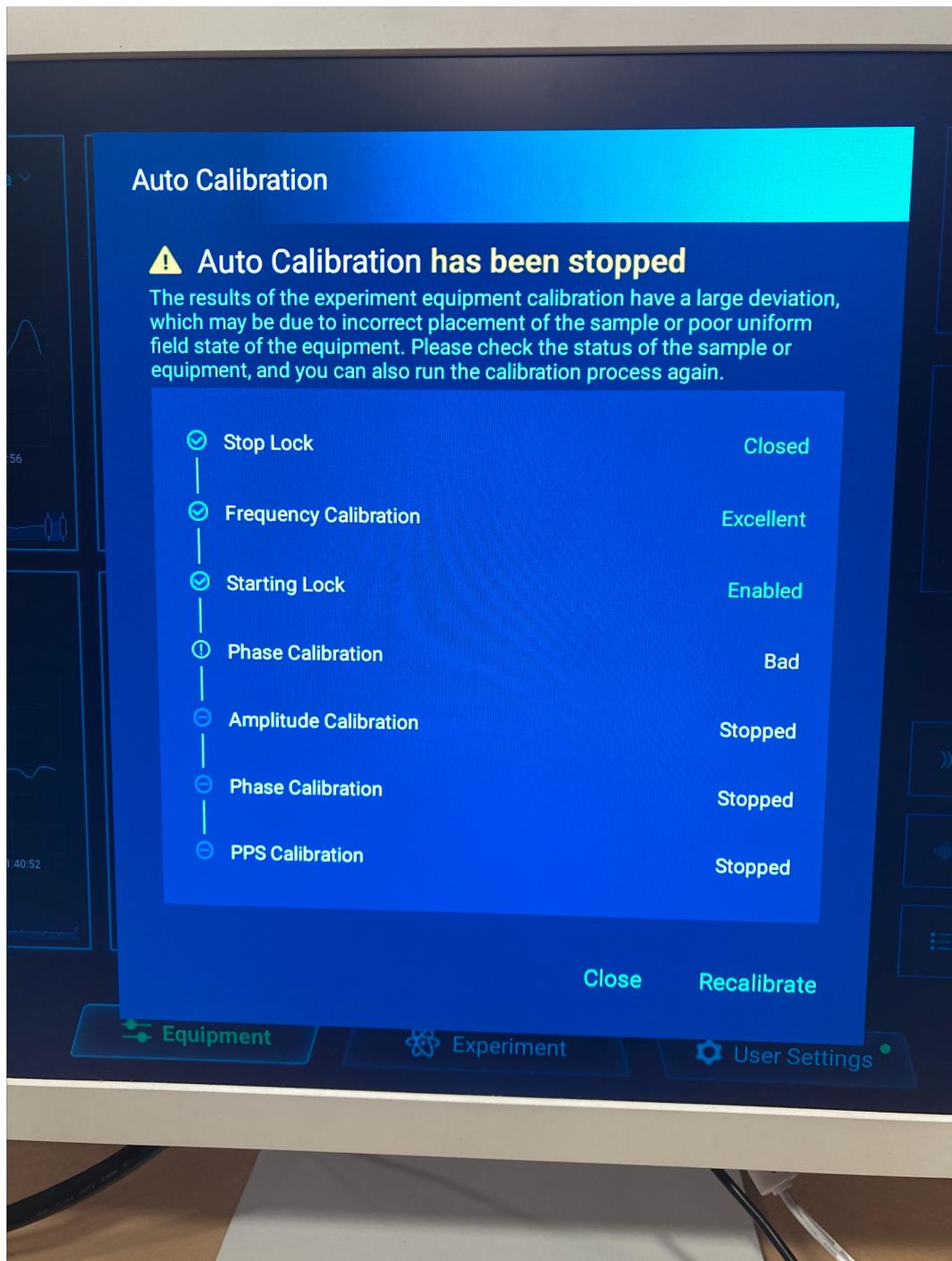


Figura 7: Ventana de alerta que indica que los procesos de **autoshimming** o **Autocalibración** no se ejecutaron exitosamente.



Figura 8: Interfaz de experimentos en mecánica cuántica del computador cuántico Quipu.

nica cuántica, se oprime el cuadro de *Principles of Quantum Computing* de la primera fila. Dicha ventana se muestra en la Fig. 9.

Los experimentos se pueden realizar accediendo a los cuadros de la fila de abajo en la interfaz de experimentos (ver Fig 8). Por ejemplo, para acceder al experimento de *Resonancia Magnética Nuclear*, se oprime el cuadro de *Principles of Quantum Computing* de la fila de abajo. Una vez se oprime este cuadro, aparecerá una ventana correspondiente a cada uno de los experimentos básicos de mecánica cuántica, tal y como se muestra en la Fig. 10.

Para acceder, por ejemplo, al experimento de resonancia magnética nuclear, se oprime el cuadro de *NMR Phenomenon and Signal*. Lo que aparecerá será la ventana correspondiente a la interfaz del experimento de resonancia magnética nuclear. Dicha interfaz se muestra en la Fig. 11. En dicha interfaz, podrá ubicar en la parte derecha superior el botón de *Experiment Guide*. Este botón desplegará una guía paso a paso de cómo desarrollar el experimento. Por otro lado, para un mayor entendimiento de lo que se realizará en el experimento, la esquina inferior izquierda contiene un botón de *Principle Explanation*. Este botón dará acceso a una ventana donde se podrá observar

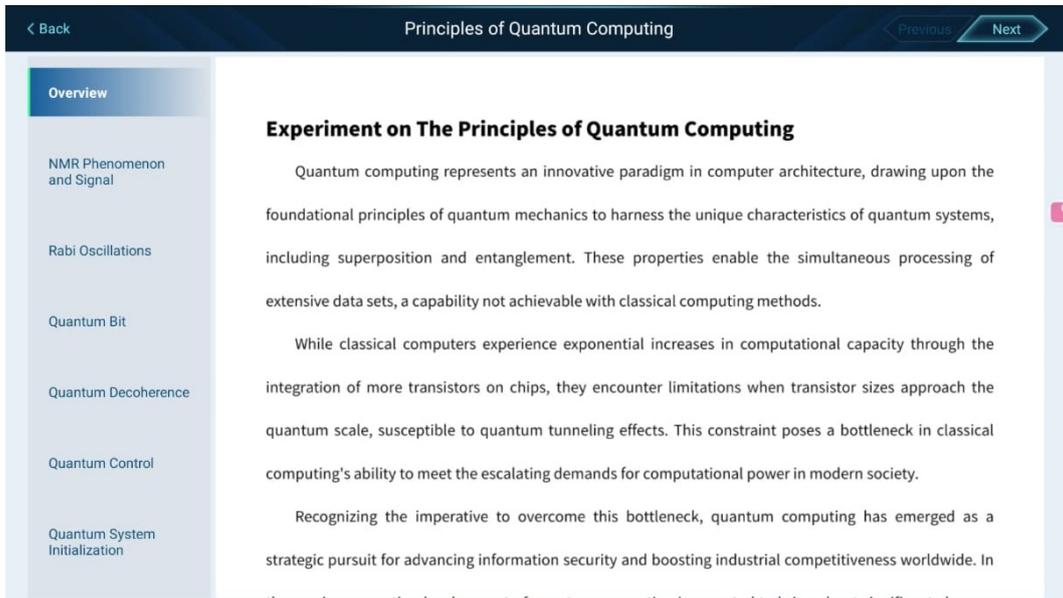


Figura 9: Ventana correspondiente a la guía de los experimentos básicos para entender el funcionamiento del computador cuántico Quipu.

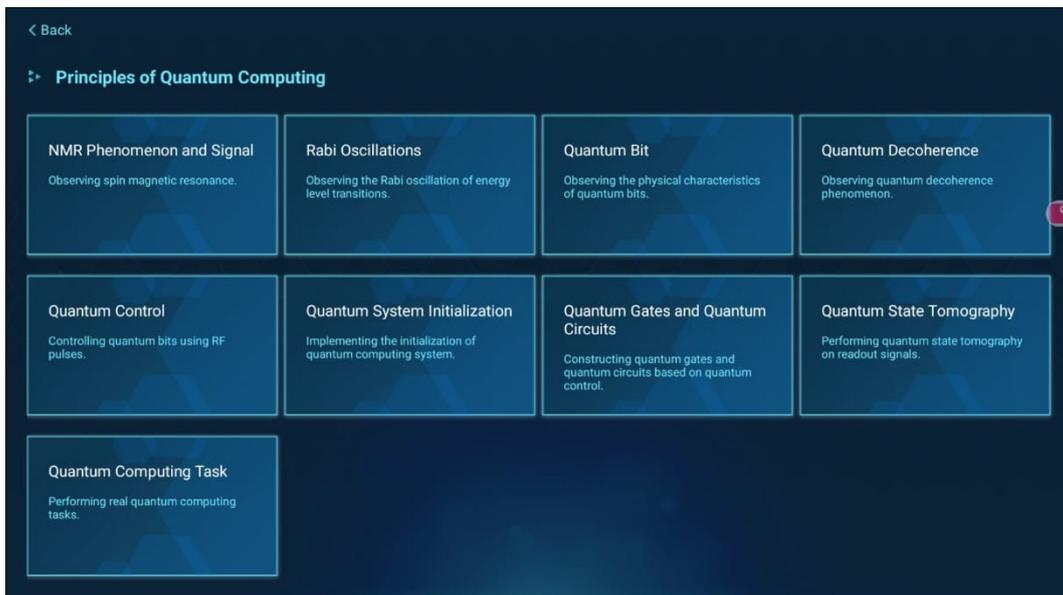


Figura 10: Interfaz de experimentos básicos en mecánica cuántica, disponible en la ventana de *Principles of Quantum Computing*. Cada cuadro corresponde a un experimento.

una animación representativa de lo que ocurrirá en el experimento. Mientras desarrolla los experimentos, se puede monitorear el estado del computador desde la opción *Equipment* en la parte superior derecha. Esta opción lo redirigirá a la interfaz de monitoreo explicada en la sección 5.1.



Figura 11: Interfaz correspondiente al experimento de resonancia magnética nuclear.

### 5.2.1. Interfaz de Circuito Cuántico

Para acceder a la interfaz de construcción de algoritmos cuánticos, se debe ubicar el cuadro de *Research Experiment* en la interfaz de experimentos (ver Fig. 8). Al oprimir este botón, se desplegará una serie de cuadros correspondientes a diferentes experimentos de computación cuántica que se pueden desarrollar, tal y como se muestra en la Fig. 12.

Si se desea construir algoritmos cuánticos de forma libre, se debe oprimir el cuadro de *Circuit Layer Experiment*. Al hacer esto accederá a la interfaz de construcción de algoritmos cuánticos de uno y dos qubits. Dicha interfaz se muestra en la Fig. 13. Los cuadros de colores en la parte superior de la interfaz corresponden a las diferentes compuertas lógicas disponibles para construir un algoritmo cuántico. Asignando estas compuertas cuánticas a las filas Q0 o Q1, se aplicarán las compuertas al qubit 0 (Hidrógeno) o al qubit 1

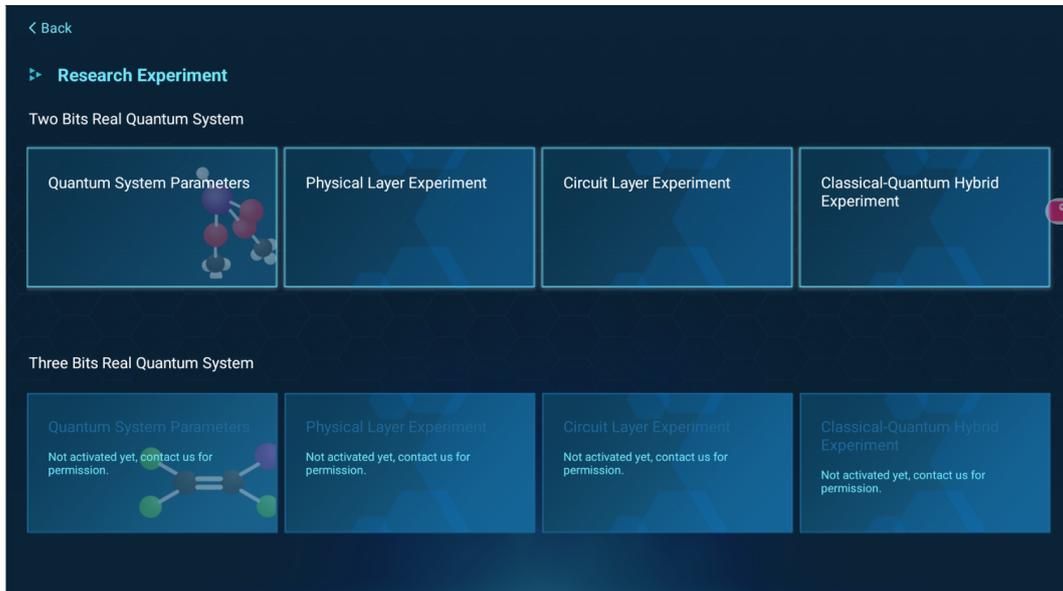


Figura 12: Ventana de experimentos de computación cuántica que se pueden desarrollar en Quipu.

(Fósforo), respectivamente. Una vez se construye el algoritmo, este se ejecuta presionando el botón *Run Circuit* en la esquina inferior derecha de la interfaz. Los resultados de correr el algoritmo aparecerán en la ventana *Experimental Results* en la parte inferior derecha. La ventana *Reference Results* en la parte inferior izquierda permite observar los resultados teóricos esperados para el algoritmo construido.

En la parte superior derecha de la interfaz de construcción de circuitos, observará la opción *Circuit settings*, en la cual se puede modificar el tiempo de relajación del sistema luego de la ejecución del circuito, y también la inicialización del estado cuántico del sistema. El usuario **no deberá** modificar ninguno de estos parámetros para evitar una ejecución incorrecta de los circuitos.

En la parte inferior izquierda de la interfaz de construcción de circuitos, encontrará la opción *Quantum gate settings*. Al acceder a esta opción, observará la ventana que se muestra en la Fig. 14. En esta ventana podrá diseñar y probar pulsos de radiofrecuencia que realicen una transformación del estado cuántico de los qubits, esto es, que ejecuten una compuerta cuántica. Para esto, acceda a la opción *Pulse settings* en la parte inferior de la ventana.

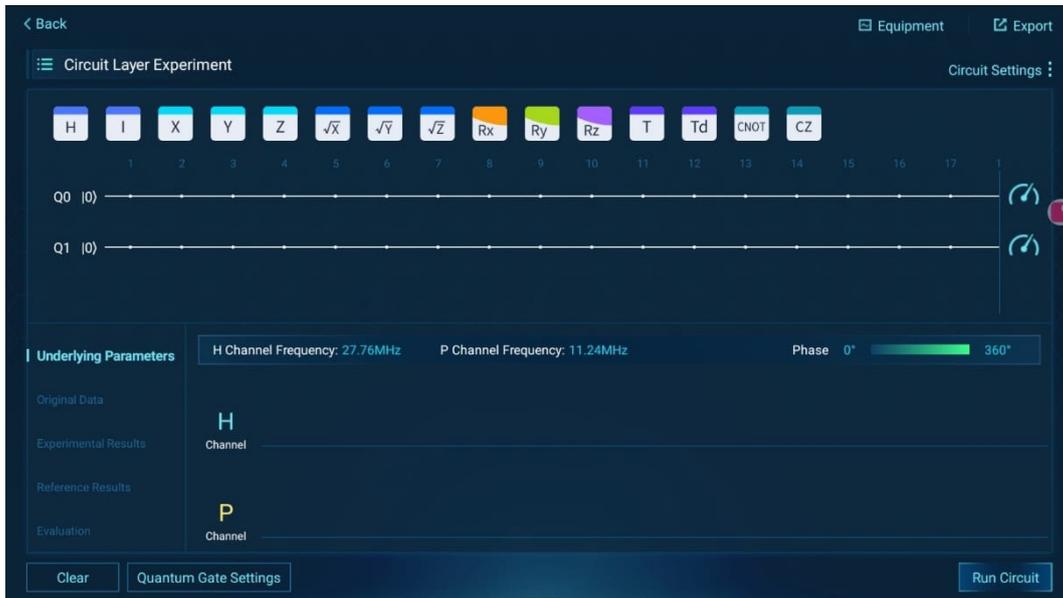


Figura 13: Interfaz de construcción de algoritmos cuánticos.

Allí podrá configurar los pulsos de la misma forma que se realiza en los experimentos en mecánica cuántica. Una vez diseñado el pulso o la serie de pulsos, puede probar dicha operación con la opción *Test pulse*. En la esfera de Bloch que se muestra en esta ventana podrá observar como cambia el estado de los qubits. **Channel Q0** corresponde a la esfera asociada al qubit de hidrógeno y **Channel Q1** corresponde a la esfera asociada al qubit de fósforo. Una vez diseñada la compuerta, con la opción *Build gate* podrá asignarle un nombre a la compuerta y guardarla, y en la opción *Save gate* podrá registrar la compuerta diseñada para que aparezca junto con las demás compuertas lógicas en la interfaz de construcción de circuitos.

### 5.2.2. Simulación de circuitos cuánticos

Si se desea simular un circuito cuántico, en lugar de acceder al cuadro de *Circuit Layer Experiment* se puede utilizar el cuadro de *Circuit Layer Simulation*. Para acceder a esa opción, en la interfaz de *Research experiment* deslice la pantalla hasta abajo hasta observar el cuadro de *Circuit Layer Simulation*, tal y como se muestra en la Fig. 15.

Al acceder a este cuadro, observará la ventana que se muestra en la Fig. 16. En esta ventana se podrá simular circuitos de 1 a 8 qubits. Para seleccionar

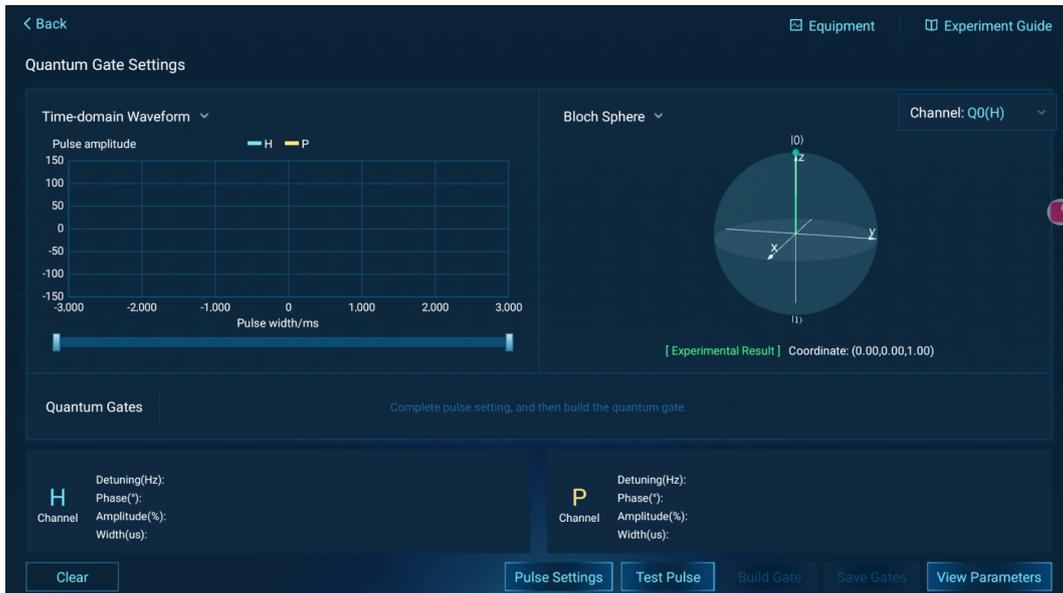


Figura 14: Ventana de configuración de compuertas lógicas cuánticas

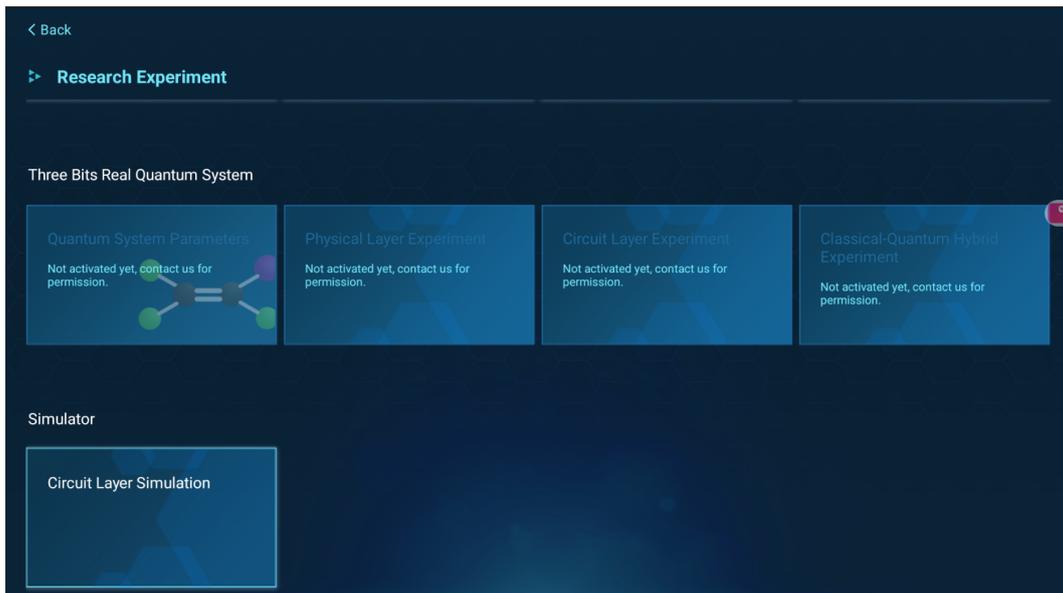


Figura 15: Ventana de experimentos de computación cuántica que se pueden desarrollar en Quipu.

el número de qubits con el que se desea trabajar, oprima la opción *setting the number of qubits* en la parte superior derecha. Una vez seleccionado el número de qubits con el que se desea trabajar, podrá construir el circuito de

la misma forma que se explico en la sección anterior. Arrastre los cuadros de colores correspondientes a las compuertas lógicas cuánticas a la línea de los qubits, Q0 a Q8 y al final seleccione la opción *Run Circuit* en la parte inferior derecha para obtener la matriz densidad resultante del circuito construido.

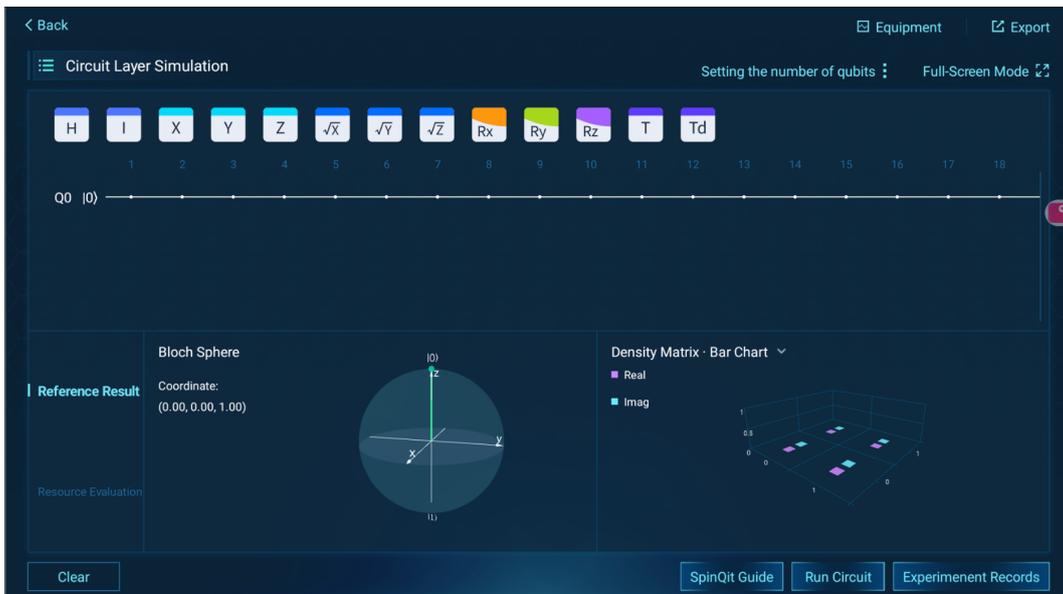


Figura 16: Ventana de simulación de circuitos cuánticos en Quipu.

### 5.3. Interfaz de configuración de usuario

Para acceder a la interfaz de configuración de usuario, oprima el panel de *User settings* en la parte inferior de la aplicación *SpinQ Quantum Computing Experimental System*. Al acceder a este panel, observará la ventana que se muestra en la Fig. 17. Para evitar cualquier desconfiguración indebida de Quipu, el usuario **no deberá** modificar ningún ítem en esta interfaz.

## 6. Operación Remota: SpinQit y AnyDesk

Es posible trabajar con el computador cuántico Quipu de forma remota, y esto se puede hacer de dos formas. La primera es conectarse de forma remota al computador por medio de la aplicación AnyDesk. Esta opción permite ejecutar remotamente el procedimiento de autocalibración explicado en la sección 5.1.1, y posteriormente realizar tanto los experimentos en mecánica

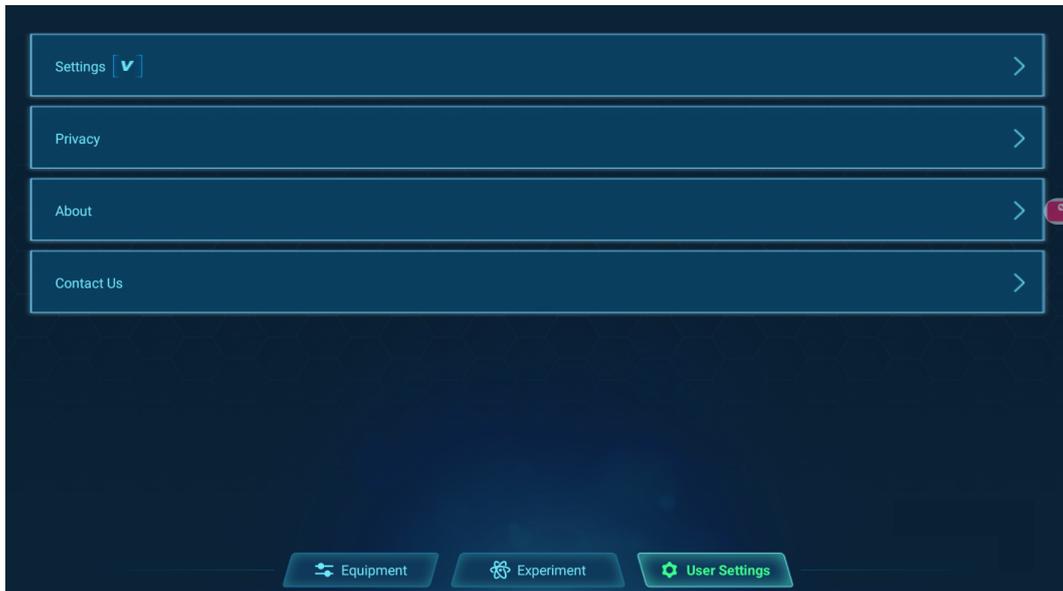


Figura 17: Interfaz de configuración de usuario

cuántica, como construir algoritmos cuánticos y ejecutarlos en el computador. La segunda forma es construir y ejecutar los algoritmos de forma remota mediante la librería de Python conocida como SpinQit. Es importante aclarar que no se podrán realizar los experimentos en mecánica cuántica con este método. A continuación se describirá, paso a paso, cómo trabajar remotamente con Quipu con estas dos alternativas.

## 6.1. AnyDesk

Para conectarse remotamente a Quipu, por medio de AnyDesk, es importante que la aplicación esté instalada en el dispositivo que se conectará remotamente al computador cuántico. Dicha aplicación se puede instalar para Windows, Android y iOS desde la página <https://anydesk.com/es>. Una vez instalado, ejecute la aplicación y en la barra de la parte superior, donde dice *enter remote address*, ingrese la dirección correspondiente a Quipu, tal y como se muestra en la Fig. 18.

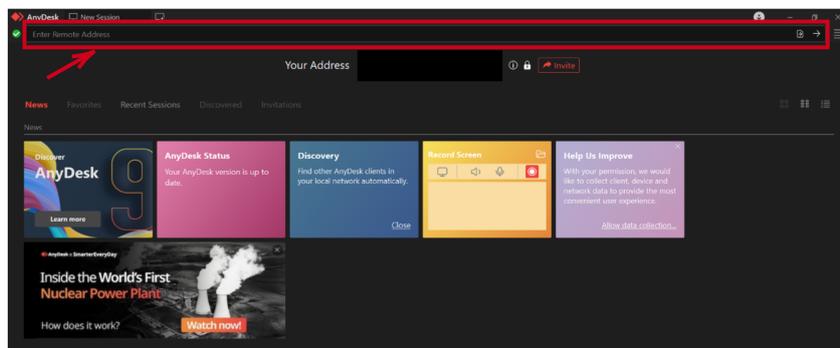


Figura 18: Ventana del programa de AnyDesk en Windows. El recuadro rojo indica la barra para ingresar la dirección asociada al dispositivo al cual se desea conectar de forma remota.

Para ver la dirección asociada a Quipu, ingrese a la aplicación AnyDesk desde la pantalla táctil, tal y como se muestra en la Fig. 19. Una vez abra la aplicación, verá debajo de la barra de *enter remote address* la dirección de AnyDesk de Quipu, así como se muestra en la Fig. 18. Al lado de la palabra *your address* encontrará dicha dirección. Para lograr la conexión, es necesario ingresar una contraseña de acceso, la cual le será otorgada al usuario una vez tenga el permiso para trabajar con el computador. Una vez haya accedido al computador, podrá controlarlo completamente desde su dispositivo, tal y como se muestra en la Fig. 20.

## 6.2. SpinQit

Como se indico previamente, SpinQit es una librería de Python que permite simular algoritmos cuánticos, y también permite construir y ejecutar algoritmos en Quipu de forma remota. La documentación de la librería se puede encontrar en la página <https://doc.spinq.cn/doc/spinqit/basics/basics.html>. Para instalarlo, es necesario tener la versión 3.9.12 de Python, de lo contrario no podrá instalar SpinQit.

Una vez tenga instalado SpinQit en su dispositivo, deberá escribir un código similar al que se muestra en la Fig. 21. Separando el código por celdas, tal y como está en la figura, la primera celda corresponde a los elementos necesarios de la librería SpinQit para construir y ejecutar los algoritmos de

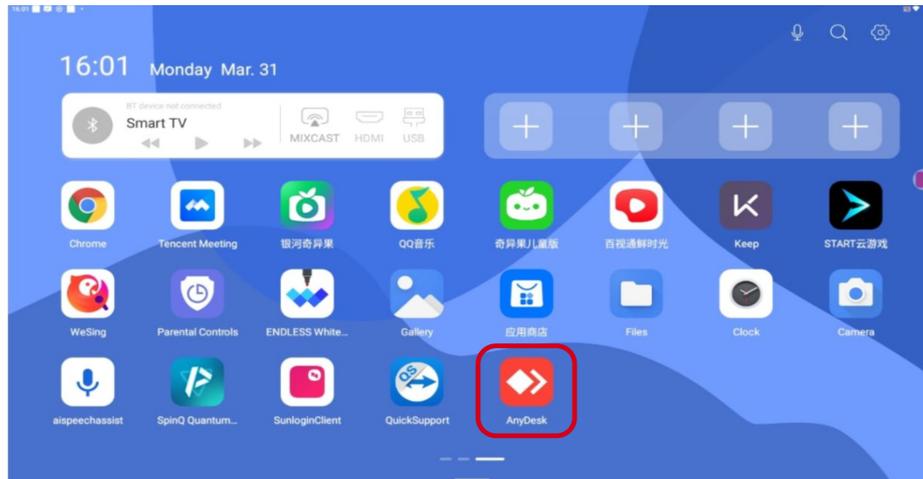


Figura 19: Imagen del menú principal de la pantalla táctil. El recuadro rojo señala la aplicación de AnyDesk.

forma remota en el computador cuántico. La segunda celda corresponde al circuito cuántico a ejecutar. En este ejemplo, el circuito corresponde a dos compuertas Hadamard aplicadas a ambos qubits. Este circuito se muestra en la Fig. 22.

La tercera celda en el código de la Fig. 21 es lo más relevante, pues es la parte del código encargada de conectarse remotamente a Quipu y ejecutar el algoritmo construido. Las líneas más importantes son las que corresponden a la dirección IP de Quipu, número de puerto, y usuario y contraseña (líneas 27-29 en la Fig. 21). La información asociada a estas líneas se le otorgará una vez cuente con el permiso para acceder de forma remota al computador.

Previo a la ejecución del código desde su dispositivo, es importante que en el Quipu se haya activado la operación remota con SpinQit. Para esto, en la pantalla de *Research experiment* de la Fig. 12, se debe seleccionar el cuadro de *Classical-Quantum Hybrid Experiment*. Al hacer esto se abrirá una interfaz de construcción de algoritmos cuánticos, pero sin los cuadros correspondientes a las compuertas lógicas cuánticas. En esta ventana se debe seleccionar la opción *Connect SpinQit*, tal y como se muestra en la Fig. 23. Una vez realizado este procedimiento, se podrá correr el código en Python para ejecutar el algoritmo remotamente con SpinQit.

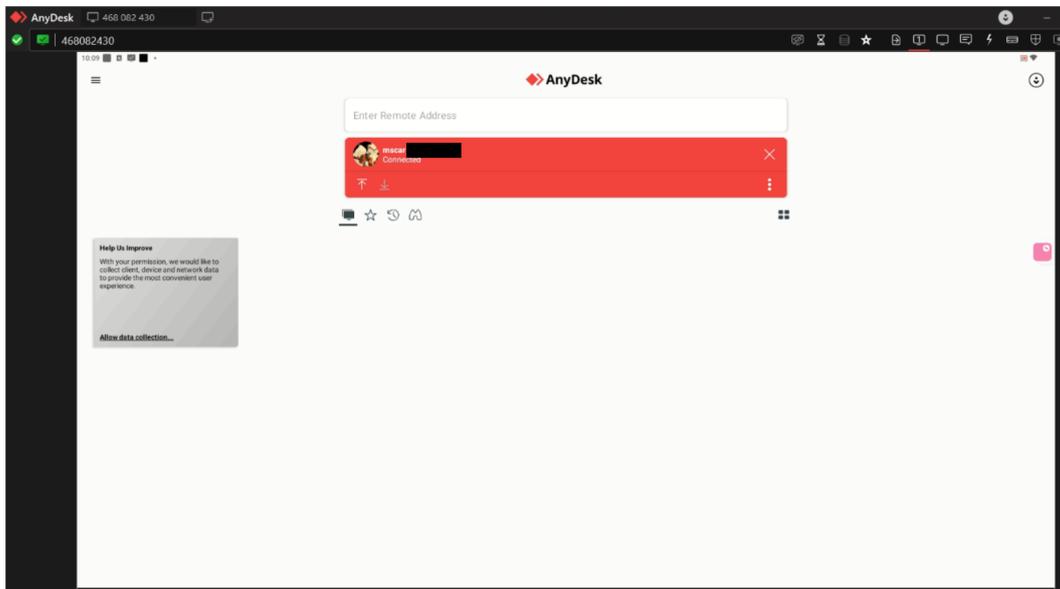


Figura 20: Imagen de la aplicación de AnyDesk una vez se logró la conexión remota a Quipu. La aplicación mostrará lo que se visualiza en la pantalla táctil.

## Referencias

- [1] SpinQ Technology Co., Ltd. *Manual de Usuario: Computadora Cuántica "Gemini Lab"*. SpinQ Technology Co., Ltd, 2024. Versión de usuario del sistema Gemini Lab.
- [2] SpinQ Technology Co., Ltd. Technical specifications: Gemini lab. <https://www.spinq.cn>, 2024. Internal specification sheet for the Gemini Lab quantum computer.

```

Run Cell | Run Below | Debug Cell
1  %% LIBRERIAS
2  from spinqit import get_compiler, Circuit, get_nmr, NMRConfig # NMRConfig referencia a nuestro computador cuantico
3  from spinqit import H, CX, Rx, X
4  from math import pi
Run Cell | Run Above | Debug Cell
5  %% CREAR CIRCUITO
6
7  # Escribir el programa
8
9  circ = Circuit()
10 q = circ.allocateQubits(2)
11 circ << (H, q[0]) # Asigna compuerta Hadamart al qubit 1
12 circ << (H, q[1]) # Asigna compuerta Hadamart al qubit 2
13
14 # Escoger el compilador y el backend
15 comp = get_compiler("native") # Compilar de forma nativa
16 #engine = get_basic_simulator()
17
Run Cell | Run Above | Debug Cell
18 %% COMPILAR Y EJECUTAR
19
20 # Compilar
21 optimization_level = 0
22 exe = comp.compile(circ, optimization_level)
23 |
24 engine = get_nmr() # Usar un computador cuantico real
25 config = NMRConfig() # Configuracion NMR
26 config.configure_shots(1024) # No es necesario implementar a nivel local
27 config.configure_ip("colocar_ip_quipu") # Ip del computador
28 config.configure_port(XXXX) # Puerto del equipo
29 config.configure_account("Usuario", "Contraseña") # Cuenta SpinQ (Usuario y password del computador)
30 config.configure_task("task001", "Remote001") # Tarea a ejecutar y nombre
31 result = engine.execute(exe, config) # Ejecutar circuito en el computador
32
33 print(result.proBABILITIES['00'],",", " ,result.proBABILITIES['01'],",", " ,result.proBABILITIES['10'],",", " ,result.proBABILITIES['11']")
34 print(result.proBABILITIES)
35 #print(result.states)
Run Cell | Run Above | Debug Cell
36 # %%

```

Figura 21: Código para construir un algoritmo cuántico y correrlo de forma remota en el computador cuántico. Dicho código está escrito en Python. En esta figura, el código se ejecuta desde el programa Visual Studio.

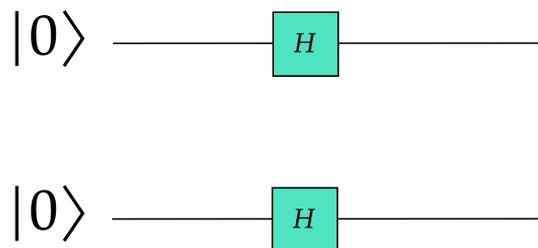


Figura 22: Circuito de ejemplo del código de la Fig. 21

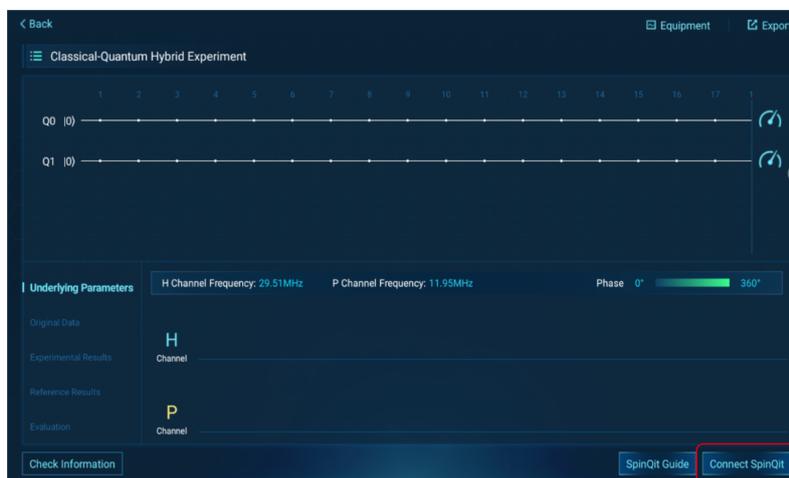


Figura 23: Interfaz de computación clásica-cuántica para operar remotamente con SpinQit. El cuadro rojo resalta el botón de conectar a SpinQit, el cual es necesario activar para trabajar remotamente con quipu.