

I. Tema

El tema escogido fue: *"Estado y adopción de algoritmos en computación cuántica: un estudio empírico sobre desarrollo de software y transferencia a hardware."*

II. Datos de Fuentes Secundarias

Existen varios datos de fuentes secundarias, específicamente de las páginas web: **arXiv**, **Springer**, Semantic Scholar / CrossRef, Quantum Algorithm Zoo (catálogo), repositorios GitHub (Qiskit, Cirq, **PennyLane**), sitios de benchmarking (SupermarQ, QASMBench, MQT Bench), y entrevistas de universidades / centros de investigación (Universidad de Waterloo, German Center for Research and Innovation, entre otros).

III. Estudio realizado por Encuesta sobre el Tema

Encontramos dos estudios realizados por encuesta sobre el tema: [*Informe de la encuesta: El estado actual y futuro de la computación cuántica*](#) realizada por la institución QuEra Computing Inc. en Junio de 2024, y también la [*Encuesta de la UNESCO sobre ciencia y tecnología cuánticas*](#), la cual empezó a recoger datos el 25 de febrero de 2025, y terminó el 15 de junio del mismo año, pero la UNESCO todavía no ha publicado los resultados, por lo cual no pudimos acceder a ellos; pero aun así nos fue útil debido a la gran cantidad de preguntas disponibles en la encuesta realizada por medio de Microsoft Forms.

Encontramos alrededor de 60 preguntas entre estos dos estudios, las cuales nos ayudaron bastante para sacar ideas de análisis y preguntas en nuestra propia encuesta.

Las preguntas más importantes que extrajimos de los estudios se dividieron en 4 diferentes temáticas:

1. **Expectativas** de los investigadores versus la **velocidad de desarrollo e innovación** en el campo, por ejemplo:

iQuEra>
Computing Inc.

3. Technical Progress and Challenges

Pace of Development

Next, we asked about the pace of development relative to expectations:

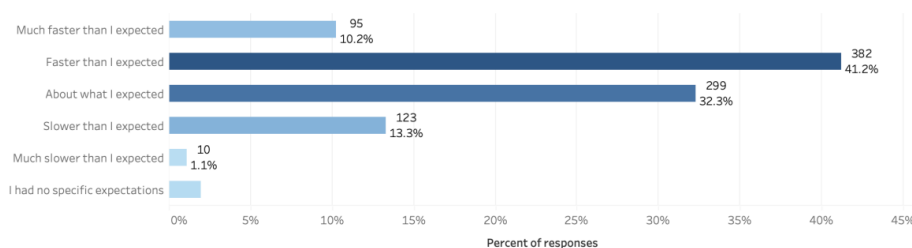


Figure 9 - How does the pace of development compare to your expectations from a few years ago?

Over 50% of respondents indicated that the pace of development is faster (41.2%) or much faster (10.2%) than they expected.

2. Principales **Desafíos Técnicos**:

iQuEra>
Computing Inc.

Most Significant Technical Challenge

We asked participants to opine on the most significant technical challenge currently facing quantum computing.

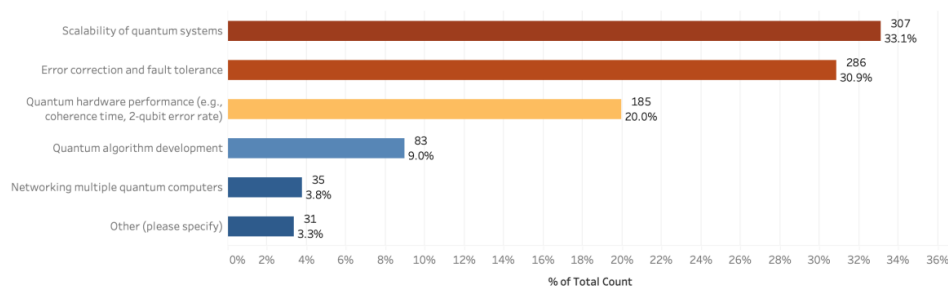


Figure 11 - What is the most significant technical challenge currently facing quantum computing?

Scalability (33.1%) and error correction and fault tolerance (30.9%) were the top responses. In the "other" category, key topics were software development skills, security, and industrialization of quantum machines.

A different picture appears when analyzed by segment:

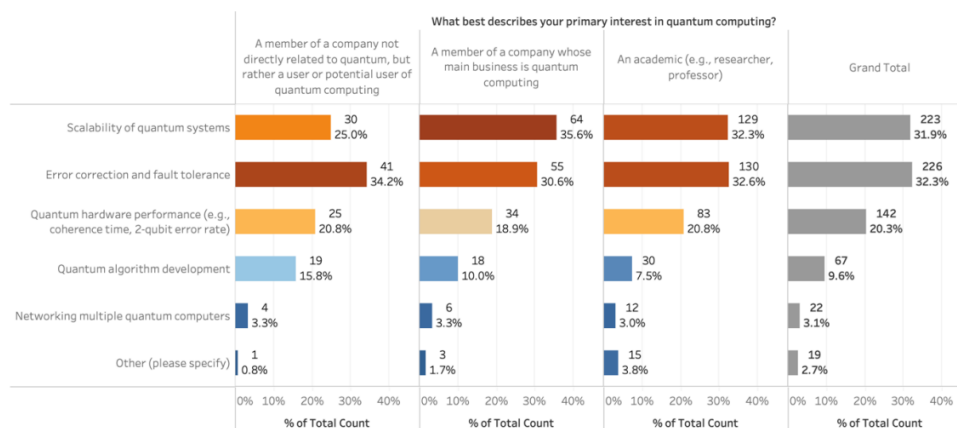


Figure 12 - Breakdown by segment: What is the most significant technical challenge currently facing quantum computing?

Quantum vendors appear to be more focused on scalability (35.6%) than error correction (30.6%) whereas end-users favor error correction (34.2%) to scalability (25.0%). Academic researchers consider both equally challenging.

3. Principales **áreas** en las que se debería **aumentar la inversión** para **avanzar más** el campo de Computación Cuántica:

!QuEra>
Computing Inc.

Areas of Investment

We inquired what areas should receive significant investment and funding to advance quantum computing. Here are the results:

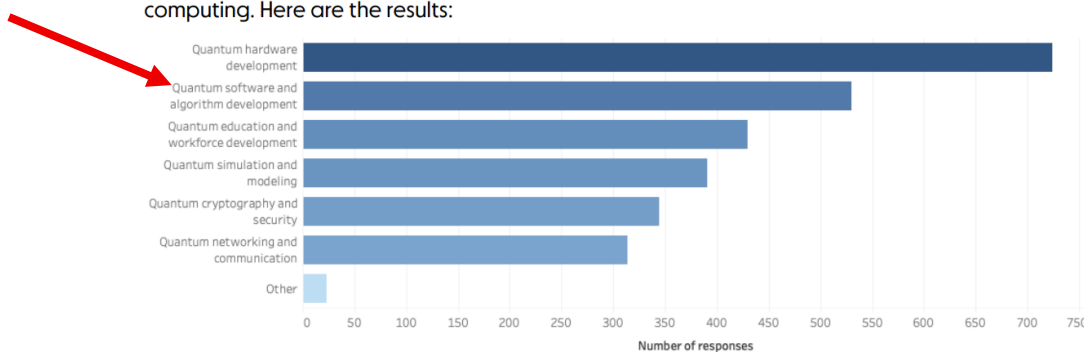


Figure 13 - What areas should receive significant investment and funding to advance quantum computing?

*Alrededor de 525 personas respondieron que se debería invertir más en software cuántico y en desarrollo de algoritmos para las computadoras NISQ actuales, esto nos apoya bastante para respaldar nuestra hipótesis principal sobre la falta de avances en algoritmos cuánticos.

4. Tiempo que le tomará a la Computación Cuántica superar la Clásica:

IQuEra
Computing Inc.

7. Future Outlook

When would Quantum be Superior to Classical Computing?

We asked "When do you expect quantum to be a superior alternative to classical computing for certain workloads?":

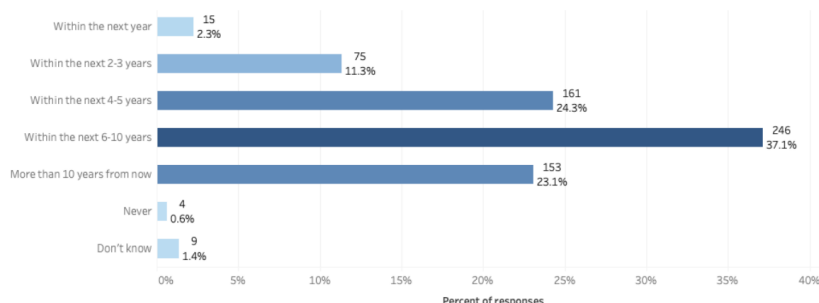


Figure 29 - When do you expect quantum to be a superior alternative to classical computing for certain workloads?

Most respondents felt that it would be 6-10 years from today.

When broken down by segment:

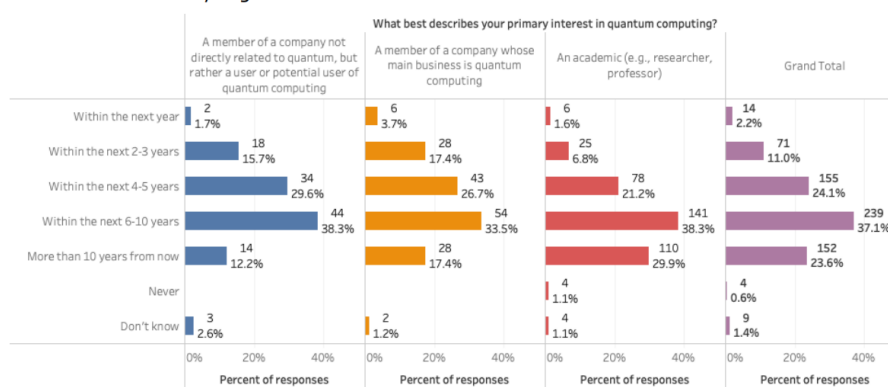


Figure 30 - Analysis by segment: When do you expect quantum to be a superior alternative to classical computing for certain workloads?

It seems that academic users are much more pessimistic than end-users and quantum companies. For instance, only 29.6% of academic users believe that quantum can be a superior alternative within the next five years, as compared with 47.0% for end-users and 47.8% of quantum-centric companies.

*Alrededor de **558 personas** (60.2% de la población) respondieron que la computación cuántica **superará** a la computación clásica en unos **6 a 10 años o más**, lo cual confirma nuestra suposición de que el campo sigue bastante inmaduro, pero, también podemos ver que **solamente 4 personas** opinaron que la computación cuántica nunca superará la clásica, lo que significa que la gran mayoría de los encuestados tienen una vista optimista sobre el campo.

IV. Población de la Encuesta Propuesta

La población serán 60 investigadores e ingenieros del IBM Thomas J. Watson Research Center.

V. Muestra de la Población

La muestra de la población serán 53 investigadores e ingenieros del IBM Thomas J. Watson Research Center.

VI. Cálculo del Tamaño de la Muestra

El cálculo del tamaño de la muestra de la población es el siguiente:

$$n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot (1 - p) \cdot N}{E^2(N - 1) + Z^2 \cdot p(1 - p)} = \frac{1.96^2 \cdot 0.5 \cdot (1 - 0.5) \cdot 60}{0.05^2(60 - 1) + 1.96^2 \cdot 0.5 \cdot (1 - 0.5)} = 52.01$$

Donde:

- n = tamaño de la muestra
- N = tamaño de la población (60)
- Z = nivel de confianza (95% = 1.96)
- p = probabilidad de éxito (50% cuando no se conoce)
- E = margen de error (5%)

*Usando la calculadora de muestra de QuestionPro, conseguimos el siguiente resultado:

Calculadora de muestra

Nivel de confianza: ? ☒ 95% ☐ 99%

Margen de Error: ?

Población: ?

Tamaño de Muestra:

*Este resultado difiere del que calculamos debido a que la calculadora de QuestionPro usa la función `ceil()` (techo) para redondear los números hacia arriba al número más cercano. A pesar de que el resultado da 52.01, solamente por el .01 ya la función techo redondea hacia arriba, lo cual se puede comprobar fácilmente con un programa básico en Java:

```

3  /**
4   *
5   * @author
6   * Juan Diego Hernández
7   * Jean Guillén
8   * Jade Gutiérrez
9   * Luis Lee
10  */
11
12  import java.math.*;
13
14  public class Ceiling
15  {
16      public static void main(String[] args)
17      {
18          System.out.println(Math.ceil(52.01));
19      }
20  }
21
Output - Programa8_Sep15_Herencia (run)
run:
53.0
BUILD SUCCESSFUL (total time: 0 seconds)

```

Y también podemos comprobar usando la función `CEILING.MATH()` en Excel:

=CEILING.MATH(52.01)		
D	E	F
	53	

VII. Muestreo No Probabilístico

Se empleará un **Muestreo por Juicio**, seleccionando a los investigadores que trabajen específicamente en el área de algoritmos cuánticos, desarrollo de software, ingenieros de hardware, científicos aplicados y PhDs. No nos compete entrevistar

a biólogos, farmacéuticos, ni administrativos, ni contadores del centro, u otros, ya que nuestra investigación se centra específicamente en el Hardware y Software de las actuales computadoras NISQ.

De la población de 60 investigadores, escogeremos a 53 que mejor cumplan con los criterios que hemos establecido para nuestro muestreo por juicio. Este método es apropiado porque los encuestados van a poseer la experiencia que necesitamos para analizar.

VIII. Muestreo Probabilístico

Se empleará un **Muestreo Estratificado**, para estimar los indicadores relacionados con la adopción y transferencia de algoritmos en computación cuántica entre investigadores del centro. Queremos asegurar la representación por áreas disciplinares para permitir comparaciones entre ellas. Vamos a dividir la población en los siguientes estratos:

Estrato	Tamaño de Estrato según la Población (60)	Tamaño de Estrato según la Muestra (53)
<i>Software / Algoritmos Cuánticos</i>	15	13
<i>Desarrollo de Hardware</i>	10	9
<i>Química Computacional</i>	8	7
<i>Ciencia de Materiales</i>	9	8
<i>Matemáticas / Teoría</i>	6	5
<i>Transferencia Tecnológica / Ingeniería en Sistemas</i>	12	11

Este método es apropiado porque: asegura la representación por cada disciplina, mayor precisión para comparaciones entre áreas, y es fácil de interpretar.