



National University of Engineering (UNI)
School of Computer Science
Syllabus 2026-I

1. COURSE

CS353. Quantum Computing (Elective)

2. GENERAL INFORMATION

2.1 Course	: CS353. Quantum Computing
2.2 Semester	: 9 th Semester.
2.3 Credits	: 3
2.4 Hours	: 2 HT; 2 HP;
2.5 Duration of the period	: 16 weeks
2.6 Type of course	: Elective
2.7 Learning modality	: Face to face
2.8 Prerequisites	: CS3I1. Computer Security. (8 th Sem)

3. PROFESSORS

Meetings after coordination with the professor

4. INTRODUCTION TO THE COURSE

This course introduces the fundamental principles of quantum computing, including qubits, superposition, entanglement, quantum algorithms, and hardware. Students will contrast classical and quantum models, exploring applications in cryptography, optimization, physical simulation, and quantum machine learning, using frameworks like Qiskit or Cirq. Includes a practical module on hardware architectures (superconductors, ion traps) and their impact on algorithm design.

5. GOALS

- Understand the postulates of quantum mechanics applied to computing.
- Implement basic quantum circuits and optimization algorithms.
- Analyze the ethical, technical, and commercial impact of quantum computing.
- Evaluate hardware limitations in real-world applications.

6. COMPETENCES

AG-C11) Use of Tools: Applies modern computing tools in problem solving. (Usage)

AG-C10) Inquiry: Studies complex computing problems using information science methods. (Usage)

7. TOPICS

Unit 1: Foundational concepts (10 hours)	
Competences Expected: AG-C10,AG-C11	
Topics	Learning Outcomes
• Qubits and Bloch sphere representation. • Postulates of quantum mechanics. • Quantum gates (Hadamard, CNOT, Toffoli).	• Mathematically model a qubit [Usar]. • Simulate basic operations in Qiskit [Evaluar].
Readings : [NC10], [Tea]	

Unit 2: Arquitecturas Cuánticas (10 hours)	
Competences Expected: AG-C10,AG-C11	
Topics	Learning Outcomes
• Principios: – El principio de dualidad onda-partícula – El principio de incertidumbre en el experimento de doble rendija – ¿Qué es un Qubit? Superposición, interferencia y medición. Fotones como qubits – Sistemas de dos qubits, Entrelazamiento, estados de Bell, El teorema de No Señalización • Axiomas de la MC: principio de superposición, axioma de medición, evolución unitaria • Compuertas de un solo qubit para el modelo de circuito de computación cuántica: X, Z, H • Compuertas de dos qubits y productos tensoriales, trabajando con matrices • El Teorema de No Clonación. El protocolo de Teleportación Cuántica • Algoritmos: – Algoritmos cuánticos simples: Bernstein-Vazirani, algoritmo de Simon – Implementar Deutsch-Josza con Interferómetros Mach-Zehnder – Factorización cuántica (Algoritmo de Shor) – Búsqueda cuántica (Algoritmo de Grover) • Aspectos de implementación: – La implementación física de qubits – Control clásico de una Unidad de Procesamiento Cuántico (QPU) – Mitigación y control de errores, NISQ y más allá – Enfoques de medición • Aplicaciones Emergentes: – Cifrado post-cuántico – La Internet Cuántica – Computación cuántica adiabática (AQC) y recocido cuántico	• Discutir cómo un objeto cuántico producido como partícula se propaga como una onda y se detecta como partícula con una distribución de probabilidad correspondiente a la onda [Debatir] • Discutir la naturaleza a nivel cuántico que es inherentemente probabilística [Debatir] • Expresar tu punto de vista sobre el entrelazamiento que puede usarse para crear correlaciones no clásicas, pero no hay forma de usar el entrelazamiento cuántico para enviar mensajes más rápido que la velocidad de la luz [Evaluar] • Describir el paralelismo cuántico y el papel de la interferencia constructiva vs destructiva en algoritmos cuánticos dada la naturaleza probabilística de las mediciones [Describir] • Analizar un fragmento de código proporcionando el papel de la transformada cuántica de Fourier (QFT) en el algoritmo de Shor [Analizar] • Escribir un programa para implementar el algoritmo de Shor en un simulador, destacando los componentes clásicos y aspectos del algoritmo de Shor [Escribir] • Enumerar los detalles de cada modalidad de qubit (por ejemplo, ion atrapado, superconductor, espín de silicio, fotónico, punto cuántico, átomo neutro, topológico, centro de color, electrón sobre helio) [Enumerar] • Contrastar AQC con el modelo de compuertas de computación cuántica y los problemas para los que cada uno es más adecuado resolver [Contrastar]
Readings : [MV23], [IBM23]	

Unit 3: Estrategias Algorítmicas (12 hours)	
Competences Expected: AG-C10,AG-C11	
Topics	Learning Outcomes
• Computación cuántica • Deutsch-Jozsa algorithm. • Grover's search (applied to combinatorial optimization). • Shor's factorization and its impact on RSA.	• Implement Grover for SAT problems [Usar].
Readings : [Pre18], [Tea]	

Unit 4: Lenguajes Formales y Autómatas (10 hours)	
Competences Expected: AG-C10,AG-C11	
Topics	Learning Outcomes
• Computación cuántica: – Postulados de la mecánica cuántica: * Espacio de estados * Evolución del estado * Composición de estados * Medición del estado – Representaciones de vector columna de qubits – Representaciones matriciales de operaciones cuánticas – Compuertas cuánticas simples (por ejemplo, XNOT, CNOT) • Quantum Approximate Optimization Algorithm (QAOA). • Logistics/finance applications (Portfolio Optimization).	• Para un sistema cuántico dar ejemplos que expliquen los siguientes postulados: – Espacio de Estados - estado del sistema representado como un vector unitario en espacio de Hilbert – Evolución del Estado - el uso de operadores unitarios para evolucionar el estado del sistema – Composición de Estados - el uso de producto tensorial para componer estados del sistema – Medición del Estado - la salida probabilística de medir un estado del sistema. [Familiarizarse]. • Design a QAOA for routing problems [Evaluar].
Readings : [SP21], [Bra+22]	

Unit 5: Ethics and Post-Quantum Security (6 hours)	
Competences Expected: AG-C10,AG-C11	
Topics	Learning Outcomes
• Post-quantum cryptography (NIST PQC Standardization). • Quantum supremacy: technical/ethical debate. • Patents and quantum geopolitics.	• Propose post-quantum migration strategies [Familiarizarse].
Readings : [Tea19]	

8. WORKPLAN

8.1 Methodology

Individual and team participation is encouraged to present their ideas, motivating them with additional points in the different stages of the course evaluation.

8.2 Theory Sessions

The theory sessions are held in master classes with activities including active learning and roleplay to allow students to internalize the concepts.

8.3 Practical Sessions

The practical sessions are held in class where a series of exercises and/or practical concepts are developed through problem solving, problem solving, specific exercises and/or in application contexts.

9. EVALUATION SYSTEM

***** EVALUATION MISSING *****

10. BASIC BIBLIOGRAPHY

- [NC10] Michael A. Nielsen and Isaac L. Chuang. *Quantum Computation and Quantum Information*. Cambridge University Press, 2010.
- [Pre18] John Preskill. *Lecture Notes on Quantum Computation*. Curso Ph219/CS219, California Institute of Technology. Material disponible en línea. La URL original <http://theory.caltech.edu/~preskill/ph219/> no está operativa (febrero 2026). Se recomienda buscar la versión actual en el sitio web del autor. 2018.
- [Tea19] Google AI Quantum Team. “Quantum Supremacy Using a Programmable Superconducting Processor”. In: *Nature* 574 (2019).
- [SP21] Maria Schuld and Francesco Petruccione. *Machine Learning with Quantum Computers*. 2nd. Comprehensive introduction to quantum machine learning algorithms and implementations. Springer, 2021. DOI: 10.1007/978-3-030-83098-4.
- [Bra+22] Sergey Bravyi et al. “Quantum Algorithms for Fixed Qubit Architectures”. In: *Nature Reviews Physics* 4.8 (2022). Survey on quantum algorithms for optimization and simulation with near-term devices, pp. 499–512. DOI: 10.1038/s42254-022-00470-4.
- [IBM23] IBM Research. *IBM Quantum Hardware Roadmap*. Tech. rep. Accedido: 2026-02-13. La página original ha sido movida o actualizada. IBM Research, 2023.
- [MV23] Mikko Möttönen and Juha Vartiainen. *Quantum Computing: From Qubits to Quantum Machines*. Springer, 2023.
- [Tea] IBM Quantum Team. *Qiskit Textbook*.