



Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)

Escuela Profesional de
Ciencia de la Computación
Sílabo 2027-I

1. CURSO

CS353. Computación Cuántica (Electivo)

2. INFORMACIÓN GENERAL

2.1 Curso	: CS353. Computación Cuántica
2.2 Semestre	: 9 ^{no} Semestre.
2.3 Créditos	: 3
2.4 Horas	: 2 HT; 2 HP;
2.5 Duración del periodo	: 16 semanas
2.6 Condición	: Electivo
2.7 Modalidad de aprendizaje	: Presencial
2.8 Prerrequisitos	: CS3I1. Seguridad en Computación. (8 ^{vo} Sem)

3. PROFESORES

Atención previa coordinación con el profesor

4. INTRODUCCIÓN AL CURSO

Este curso introduce los principios fundamentales de la computación cuántica, incluyendo cúbits, superposición, entrelazamiento, algoritmos cuánticos y hardware. Los estudiantes contrastarán modelos clásicos y cuánticos, explorando aplicaciones en criptografía, optimización, simulación física y aprendizaje automático cuántico, usando frameworks como Qiskit o Cirq. Incluye un módulo práctico sobre arquitecturas de hardware (superconductores, trampas de iones) y su impacto en el diseño de algoritmos.

5. OBJETIVOS

- Comprender los postulados de la mecánica cuántica aplicados a la computación.
- Implementar circuitos cuánticos básicos y algoritmos de optimización.
- Analizar el impacto ético, técnico y comercial de la computación cuántica.
- Evaluar las limitaciones del hardware en aplicaciones del mundo real.

6. RESULTADOS DEL ESTUDIANTE

AG-C10) Indagación: Estudia problemas complejos de computación usando métodos de ciencias de la información. (Usage)

AG-C11) Uso de Herramientas: Aplica herramientas modernas de computación en la resolución de problemas. (Usage)

7. TEMAS

Unidad 1: Conceptos fundamentales (10 horas)	
Resultados esperados: AG-C10, AG-C11	
Temas	Aprendizaje esperado (<i>Learning Outcomes</i>)
▪ Cúbits y representación en la esfera de Bloch. ▪ Postulados de la mecánica cuántica. ▪ Compuertas cuánticas (Hadamard, CNOT, Toffoli).	▪ Modelar matemáticamente un cúbit [Usar]. ▪ Simular operaciones básicas en Qiskit [Evaluar].
Lecturas : [NielsenChuang], [QiskitTextbook]	

Unidad 2: Arquitecturas Cuánticas (10 horas)	
Resultados esperados: AG-C10,AG-C11	
Temas	Aprendizaje esperado (<i>Learning Outcomes</i>)
■ 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]
Lecturas : [QuantumHardwareBook], [IBMQuantumRoadmap2023]	

Unidad 3: Estrategias Algorítmicas (12 horas)	
Resultados esperados: AG-C10,AG-C11	
Temas	Aprendizaje esperado (<i>Learning Outcomes</i>)
▪ Computación cuántica ▪ Algoritmo de Deutsch-Jozsa. ▪ Búsqueda de Grover (aplicada a optimización combinatoria). ▪ Factorización de Shor y su impacto en RSA.	▪ Implementar Grover para problemas SAT [Usar].
Lecturas : [PreskillNotes], [QiskitTextbook]	

Unidad 4: Lenguajes Formales y Autómatas (10 horas)	
Resultados esperados: AG-C10,AG-C11	
Temas	Aprendizaje esperado (<i>Learning Outcomes</i>)
▪ 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) ▪ Algoritmo de Optimización Cuántica Aproximada (QAOA). ▪ Aplicaciones en logística/finanzas (Optimización de Cartera).	▪ 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]. ▪ Diseñar un QAOA para problemas de enrutamiento [Evaluar].
Lecturas : [QMLBook], [Bravyi2022]	

Unidad 5: Ethics and Post-Quantum Security (6 horas)	
Resultados esperados: AG-C10,AG-C11	
Temas	Aprendizaje esperado (<i>Learning Outcomes</i>)
▪ Criptografía post-cuántica (Estandarización NIST PQC). ▪ Supremacía cuántica: debate técnico/ético. ▪ Patentes y geopolítica cuántica.	▪ Proponer estrategias de migración post-cuántica [Familiarizarse].
Lecturas : [QuantumSupremacyPaper]	

8. PLAN DE TRABAJO

8.1 Metodología

Se fomenta la participación individual y en equipo para exponer sus ideas, motivándolos con puntos adicionales en las diferentes etapas de la evaluación del curso.

8.2 Sesiones Teóricas

Las sesiones de teoría se llevan a cabo en clases magistrales donde se realizarán actividades que propicien un aprendizaje activo, con dinámicas que permitan a los estudiantes interiorizar los conceptos.

8.3 Sesiones Prácticas

Las sesiones prácticas se llevan en clase donde se desarrollan una serie de ejercicios y/o conceptos prácticos mediante planteamiento de problemas, la resolución de problemas, ejercicios puntuales y/o en contextos aplicativos.

9. SISTEMA DE EVALUACIÓN

Sesiones Teóricas:

Las sesiones de teoría se llevan a cabo en clases magistrales donde se realizarán actividades que propicien un aprendizaje activo, con dinámicas que permitan a los estudiantes interiorizar los conceptos.

Sesiones de Laboratorio:

Para verificar que los alumnos hayan alcanzado el logro planteado para cada una de las unidades de aprendizaje, realizarán actividades que les permita aplicar los conocimientos adquiridos durante las sesiones de teoría y se les propondrá retos que permitan evaluar el desempeño de los alumnos.

Exposiciones individuales o grupales:

Se fomenta la participación individual y en equipo para exponer sus ideas, motivándolos con puntos adicionales en las diferentes etapas de la evaluación del curso.

Lecturas:

A lo largo del curso se proporcionan diferentes lecturas, las cuales podrían ser evaluadas. El uso de herramientas Online permite a cada estudiante acceder a la información del curso, e interactuar fuera de aula con el profesor y con los otros estudiantes.

La nota final NF depende de de las siguientes notas:

- EP : Examen Parcial.
- EF : Examen Final.
- P : Evaluacion permanente (Promedio de prácticas y Trabajos calificados).

La nota final NF se calcula así:

$$NF = \frac{EP + EF + P}{3}$$

10. BIBLIOGRAFÍA BÁSICA