



Tecnologías
cuánticas
**Máster Universitario en
Computación Cuántica**



UNIVERSIDAD
NEBRIJA

GUÍA DOCENTE

Asignatura: Tecnologías cuánticas

Titulación: Máster Universitario en Computación Cuántica

Carácter: Obligatoria

Idioma: Castellano

Modalidad: Semipresencial

Créditos: 3

Curso: 1º

Semestre: 1º

Profesor / Equipo docente: Dr. D. Álvaro Díaz Fernández, Dr. D. Antonio Falcó Montesinos, D. Francisco Gálvez Ramírez

1. COMPETENCIAS Y RESULTADOS DE APRENDIZAJE

1.1. Competencias

Competencias básicas

- CB6 Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.
- CB7 Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.
- CB8 Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.
- CB9 Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.
- CB10 Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

Competencias generales

- CG1 Desarrollar la capacidad del aprendizaje autónomo con el fin de adaptarse a un entorno cambiante y con múltiples desafíos en el ámbito de la computación cuántica.
- CG2 Resolver problemas y tomar decisiones eficaces ante problemas planteados en el sector de la computación cuántica.
- CG4 Utilizar y sintetizar las diferentes fuentes de información para obtener resultados científicos y aplicarlos en el ámbito de la computación cuántica.
- CG5 Conocer y aplicar los conocimientos adquiridos en la resolución de problemas en entornos nuevos, asumiendo riesgos y aplicando un juicio crítico en el ámbito de la computación cuántica.

Competencias específicas

- CE1 Identificar y documentar situaciones donde se producen fenómenos cuánticos para su análisis dentro de un proyecto.
- CE2 Aplicar la formulación y cálculos de la mecánica cuántica para la resolución de un problema.
- CE3 Identificar distintas tecnologías para la realización de cálculos cuánticos y compararlas para seleccionar la más adecuada a un problema.
- CE4 Aplicar los conceptos aprendidos sobre computación cuántica a cada una de las tecnologías estudiadas.
- CE5 Utilizar los resultados obtenidos en el proceso de medición cuántica para la caracterización de un sistema.

1.2. Resultados de aprendizaje

El estudiante al finalizar esta materia deberá:

- Entender las bases físicas por las que funcionan los dispositivos que se utilizan como plataformas de computación cuántica.

2. CONTENIDOS

2.1. Requisitos previos

Ninguno.

2.2. Descripción de los contenidos

- Revisión de cálculo matricial, vectores y tensores.
- El tiempo de coherencia de un sistema cuántico.
- El volumen cuántico.

- Sistemas de óptica lineal empleados en computación cuántica.
- Trampas de iones.
- Sistemas superconductores de inducción cuántica.
- Sistemas topológicos.
- Metrología cuántica.
- Sensores cuánticos.
- Sistemas cuánticos abiertos (Open Quantum Systems).

2.3. Contenido detallado

Presentación de la asignatura

Explicación de la **guía docente**

1. Tiempo de coherencia de un sistema cuántico

- 1.1. Coherencia de estados cuánticos.
- 1.2. Tiempos de relajación.
- 1.3. Tiempos de desfase.

2. Volumen cuántico

- 2.1. Qubits.
- 2.2. QPUs.
- 2.3. Sistema de refrigeración.
- 2.4. Calibración.
- 2.5. Volumen cuántico.

3. Sistemas de óptica lineal en computación cuántica

- 3.1. Propuesta KLM.
- 3.2. Descripción de componentes fotónicos.
- 3.3. Caso de uso: Xanadu.

4. Trampas de iones

- 4.1. Trampa de Penning.
- 4.2. Trampa de Paul.
- 4.3. Manipulación de átomos neutros.
- 4.4. Caso de uso: IonQ.

5. Sistemas superconductores de inducción cuántica
5.1. Efecto Josephson..
5.2. Qubits de inducción cuántica.
5.3. Arquitectura Transmon.
5.4. Caso de uso: IBM.
6. Sistemas topológicos
6.1. Introducción a la topología.
6.2. Efecto Hall cuántico.
6.3. Caso de uso: Microsoft.
7. Metrología cuántica
7.1. Fundamentos de metrología.
7.2. Medidas cuánticas.
7.3. Aplicaciones.
8. Sensores cuánticos
8.1. Sensores cuánticos.
9. Sistemas cuánticos abiertos
9.1. Dinámica de los sistemas cuánticos abiertos.
9.2. Sistemas abiertos y NISQ (Noisy Intermediate Scale Quantum).

2.4. Actividades dirigidas

Durante el curso se realizarán varias actividades dirigidas en forma de trabajos orientados al aprendizaje y aplicación de los nuevos conceptos aprendidos o ampliación de éstos. Las actividades se desarrollarán de forma individual o en grupo.

2.5. Actividades formativas

CÓDIGO	ACTIVIDAD FORMATIVA	HORAS	PORCENTAJE DE PRESENCIALIDAD
AF1	Clases de teoría y práctica	22,5	10%
AF2	Tutorías	5	0%
AF3	Seminarios y talleres prácticos	7,5	50%
AF4	Estudio individual y trabajo autónomo	36	0%
AF5	Evaluación	4	100%

3. SISTEMA DE EVALUACIÓN

3.1. Sistema de calificaciones

El sistema de calificaciones finales se expresará numéricamente del siguiente modo:

0 - 4,9 Suspenso (SS)

5,0 - 6,9 Aprobado (AP)

7,0 - 8,9 Notable (NT)

9,0 - 10 Sobresaliente (SB)

La mención de “matrícula de honor” se otorgará a estudiantes que hayan obtenido una calificación igual o superior a 9,0 puntos. Su número no podrá exceder del cinco por ciento de los estudiantes matriculados en la materia en el correspondiente curso académico, salvo que el número de estudiantes matriculados sea inferior a 20, en cuyo caso se podrá conceder una sola «Matrícula de Honor».

3.2. Criterios de evaluación

Convocatoria ordinaria

Sistemas de evaluación	Porcentaje
SE1. Asistencia y participación	10%
SE2. Actividades académicas dirigidas	30%
SE3. Prueba final presencial	60%

Convocatoria extraordinaria

Sistemas de evaluación	Porcentaje
SE2. Actividades académicas dirigidas	40%
SE3. Prueba final presencial	60%

3.3. Restricciones

Calificación mínima

Para poder hacer media con las ponderaciones anteriores es necesario obtener al menos una calificación de 5,0 puntos en la prueba final presencial, tanto en convocatoria ordinaria como en extraordinaria.

En todo caso, la superación de cualquier asignatura está supeditada a aprobar las pruebas finales presenciales individuales correspondientes.

Asistencia

Para poder presentarse a la convocatoria ordinaria es necesario el contabilizar una asistencia mínima del 85% de las clases virtuales de la asignatura.

Normas de escritura

Se prestará especial atención en los trabajos, prácticas y proyectos escritos, así como en los exámenes tanto a la presentación como al contenido, cuidando los aspectos gramaticales y ortográficos. El no cumplimiento de los mínimos aceptables puede ocasionar que se resten puntos en dicho trabajo.

3.4. Advertencia sobre plagio

La Universidad Antonio de Nebrija no tolerará en ningún caso el plagio o copia. Se considerará plagio la reproducción de párrafos a partir de textos de auditoría distinta a la del estudiante (Internet, libros, artículos, trabajos de compañeros...), cuando no se cite la fuente original de la que provienen. El uso de las citas no puede ser indiscriminado. El plagio es un delito.

En caso de detectarse este tipo de prácticas, se considerará falta grave y se podrá aplicar la sanción prevista en el reglamento del alumno.

4. BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía básica

- Quantum Computation and Quantum Information – M. A. Nielsen, I. L. Chuang – Cambridge University Press. 2010.

Bibliografía recomendada

- Quantum Computing Devices – Goong Chen, David A. Church, Berthold-Georg Englert, Carsten Henkel, Bernd Rohwedder, Marlan O. Scully, M. Suhail Zubairy – Chapman & Hall/CRC. 2019.
- Topological Quantum Matter & Quantum Computation – Tudor D. Stanescu – CRC Press. 2017.
- Physical implementation of Quantum Walks – Jingbo Wang, Kia Manouchehri – Springer. 2014