



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

PROCESO DE
COORDINACIÓN DE LAS
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingeniería de
Sistemas Informáticos

ANX-PR/CL/001-01

GUÍA DE APRENDIZAJE

ASIGNATURA

615001052 - Computación Cuántica

PLAN DE ESTUDIOS

61IW - Grado En Ingeniería Del Software

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2024/25 - Primer semestre

Índice

Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	2
5. Descripción de la asignatura y temario.....	3
6. Cronograma.....	5
7. Actividades y criterios de evaluación.....	7
8. Recursos didácticos.....	9
9. Otra información.....	10

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	615001052 - Computación Cuántica
No de créditos	6 ECTS
Carácter	Optativa
Curso	Tercero curso
Semestre	Quinto semestre
Período de impartición	Septiembre-Enero
Idioma de impartición	Castellano
Titulación	61IW - Grado en Ingeniería del Software
Centro responsable de la titulación	61 - Escuela Técnica Superior De Ingeniería De Sistemas Informáticos
Curso académico	2024-25

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Luis Miguel Pozo Coronado (Coordinador/a)	2004	lm.pozo@upm.es	Sin horario. El horario de tutorías se anunciará al principio del curso en Moodle y en la web de la ETSISI.

* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

2.3. Profesorado externo

Nombre	Correo electrónico	Centro de procedencia
Giannicola Scarpa	g.scarpa@upm.es	UPM

3. Conocimientos previos recomendados

3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

- Probabilidad Y Estadística
- Analisis Matematico
- Fundamentos De Programacion
- Algebra

3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- We strongly recommend a good mathematical background (especially in linear algebra) and familiarity with computational complexity and cryptography.

4. Competencias y resultados de aprendizaje

4.1. Competencias

CB2 - Capacidad para comprender y dominar los fundamentos físicos y tecnológicos de la informática: electromagnetismo, ondas, teoría de circuitos, electrónica y fotónica y su aplicación para la resolución de problemas propios de la ingeniería

CB4 - Conocimiento de los fundamentos del uso y programación de los computadores, los sistemas operativos, las bases de datos y, en general, los programas informáticos con aplicación en ingeniería.

CC14 - Conocimiento y aplicación de los principios fundamentales y técnicas básicas de la programación paralela, concurrente, distribuida y de tiempo real.

CC6 - Conocimiento y aplicación de los procedimientos algorítmicos básicos de las tecnologías informáticas para diseñar soluciones a problemas, analizando la idoneidad y complejidad de los algoritmos propuestos

CE4 - Capacidad de identificar y analizar problemas y diseñar, desarrollar, implementar, verificar y documentar soluciones software sobre la base de un conocimiento adecuado de las teorías, modelos y técnicas actuales.

CT12 - Uso de tecnologías de la información y las comunicaciones : Usar las tecnologías de la información y las comunicaciones en el ámbito de la ingeniería.

4.2. Resultados del aprendizaje

RA438 - Conoce y maneja los fundamentos de la Computación e Información cuánticas (cúbits, superposición, entrelazado, puertas cuánticas, medida y teoremas fundamentales).

RA439 - Conoce y maneja los fundamentos de la criptografía cuántica.

RA440 - Conoce y maneja algunos algoritmos cuánticos básicos.

RA441 - Utiliza herramientas de programación de ordenadores cuánticos físicos y simuladores.

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1. Descripción de la asignatura

The subject proposes a hands-on approach to Quantum computing, taking advantage of 1) the possibility granted by Computer Algebra Systems (such as the SymPy Python library) to simulate the behaviour of quantum circuits; 2) the open access to IBM Quantum Experience simulators and physical quantum devices.

The first half of the course gives an introduction to quantum information theory and the advanced mathematical concepts needed to understand quantum algorithms and program quantum computers.

Then in the second half the practical work with simulators can help to integrate and visualize the concepts of quantum information and build an alternative driveway to the comprehension of quantum algorithms

5.2. Temario de la asignatura

1. Quantum Computation and Quantum Information. Fundamentals.
 - 1.1. Quantum Mechanics: Superposition, measurement.
 - 1.2. Qubits, entanglement.
 - 1.3. Fundamental properties of quantum information (no-cloning theorem, Von Neumann's Entropy).
2. Quantum cryptography
 - 2.1. Quantum nonlocality: Entanglement and its properties
 - 2.2. Reminder of classical cryptography.
 - 2.3. Quantum Key Distribution
 - 2.4. Device-Independent cryptography
3. Quantum algorithms
 - 3.1. Elementary Gates, Quantum Circuits, Universality results.
 - 3.2. Deutsch-Jozsa
 - 3.3. Shor's factoring algorithm
 - 3.4. Grover's Search algorithm

6. Cronograma

6.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad tipo 1	Actividad tipo 2	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	Master class Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Lab class Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
2	Master class Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Lab class Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
3	Master class Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Lab class Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
4	Master class Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Lab class Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Moodle questionnaire ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación Progresiva No presencial Duración: 30:00
5	Master class Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Lab class Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
6	Master class Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Lab class Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
7	Master class Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Lab class Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
8	Master class Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Lab class Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
9	Master class Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Theory test Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas / Evaluación			Moodle questionnaire ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación Progresiva No presencial Duración: 30:00 Theory test EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva Presencial Duración: 02:00

10	Master class Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Lab class Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
11	Master class Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Lab class Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
12	Master class Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Lab class Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
13	Master class Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Lab class Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
14	Master class Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Lab class Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
15	Master class Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Lab class Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Moodle questionnaire ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación Progresiva No presencial Duración: 30:00
16				
17				Theory test EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva Presencial Duración: 02:00 Lab project TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva y Global Presencial Duración: 00:00 Global theory test EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Global Presencial Duración: 02:30

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

7. Actividades y criterios de evaluación

7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

7.1.1. Evaluación (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
4	Moodle questionnaire	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	30:00	2%	/ 10	CC6 CC14 CB4 CB2
9	Moodle questionnaire	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	30:00	2%	/ 10	CC6 CC14 CB4 CB2
9	Theory test	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	24%	/ 10	CE4 CC6 CC14 CB4 CB2
15	Moodle questionnaire	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	30:00	2%	/ 10	CC6 CC14 CB4 CB2
17	Theory test	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	30%	/ 10	CE4 CC6 CC14 CB4 CB2
17	Lab project	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	00:00	40%	/ 10	CT12 CC14 CB4 CE4 CC6 CB2

7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
-----	-------------	-----------	------	----------	-----------------	-------------	------------------------

17	Lab project	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	00:00	40%	/ 10	CT12 CC14 CB4 CE4 CC6 CB2
17	Global theory test	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:30	60%	/ 10	CE4 CC6 CC14 CB4 CB2

7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Global theory test	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:30	60%	/ 10	CT12 CC14 CB2 CE4 CB4 CC6
Lab project	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	00:00	40%	/ 10	CT12 CC14 CB2 CE4 CB4 CC6

7.2. Criterios de evaluación

Assessment will consist of theory (60 %) and lab (40 %) tasks.

Theory will be evaluated through three multiple choice questionnaires available in Moodle (2 % each) and two written tests (24 % and 30 % respectively). Students can recover from the questionnaires and the first written test by taking a global theory test in week 17, with a total value of 60 %.

Practical lab work will be evaluated by a lab project than can be made in pairs. The project will weigh a 40 % of the total grade.

Students can ask for to be graded by a final evaluation only. This evaluation will consist of a theory test (60%) and a lab project (40 %).

Extraordinary evaluation will also consist of a theory test (60%) and a lab project (40 %).

8. Recursos didácticos

8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
DE WOLF, R: Quantum Computing Lecture Notes, 2022.	Bibliografía	Textbook. Available in https://arxiv.org/abs/1907.09415
JOHNSTON, E; HARRIGAN, N; GIMENO-SEGOVIA, M: Programming Quantum Computers . O'Reilly, 2019.	Bibliografía	Textbook.
NIELSEN, M. A.; CHUANG, I. L.: Quantum Computation and Quantum Information. Cambridge University Press, 2000.	Bibliografía	Supplementary textbook.

WATROUS, J: The Theory of Quantum Information. Cambridge University Press, 2018.	Bibliografía	Supplementary textbook. https://cs.uwaterloo.ca/~watrous/TQI/
SCARANI, V.: Bell Nonlocality. Oxford University Press, 2019.	Bibliografía	Supplementary textbook. https://global.oup.com/academic/product/bell-nonlocality-9780198788416
WILDE, M.: From Classical to Quantum Shannon Theory, 2019.	Bibliografía	Supplementary textbook. https://arxiv.org/abs/1106.1445
O'Reilly online material	Recursos web	https://oreilly-qc.github.io
IBM Quantum Experience	Recursos web	https://quantum-computing.ibm.com/

9. Otra información

9.1. Otra información sobre la asignatura

This subject will be taught in English.

The lecturers will be Giannicola Scarpa (SI) and Luis Pozo (MATIC).