



### Formato para registro de Unidades de aprendizaje 2021

I.- Datos de identificación de la unidad de aprendizaje

<b>Unidad académica:</b>	Centro de Investigación en Computación (CIC)										
<b>Programa académico:</b>	Maestría en Ciencias en Ingeniería de Cómputo										
		Doctorado				Orientación profesional					
	x	Maestría			X	Orientado a la investigación					
		Especialidad				Con la industria					
						Especialidad médica					
<b>Sesión de colegio donde se propuso:</b>	Ordinaria 7, 2023				<b>Fecha de propuesta:</b>	26 de julio de 2023					
<b>Nombre de unidad de aprendizaje:</b>	<b>Quantum Information Theory</b>										
<b>Clave de la unidad de aprendizaje:</b>	<b>23B8381</b>				<b>Créditos:</b>	5					
<b>Semanas del semestre</b>	18		<b>Horas a la semana:</b>		4		<b>Horas totales:</b>		72		
<b>Tipo de unidad de aprendizaje:</b>	<b>Obligatoria:</b>		<b>Optativa:</b>		X		<b>Observaciones:</b>				
	<b>Semestre:</b>										
	<b>Teórica (%):</b>		100		<b>Práctica (%):</b>		<b>Teórico-prácticas (%):</b>				
<b>Área del conocimiento:</b>	Ingeniería y Ciencias Fisicomatemáticas		X		Ciencias Sociales y Administrativas		Ciencias Médico Biológicas		Interdisciplinario		
<b>Modalidad no escolarizada:</b>	No escolarizada		<b>Nombre de la Plataforma:</b>								
	<b>Mixta</b>		<b>Presencial (%):</b>				<b>En plataforma (%):</b>				
<b>Horas establecidas en el programa de estudios:</b>	Presenciales (si procede) (horas x semana)						En plataforma (horas x semana):				



### Formato para registro de Unidades de aprendizaje 2021

#### I. Aprendizajes que el estudiante deberá demostrar al finalizar

Conocimientos	Habilidades y destrezas	Actitudes y valores
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Relation between energy and information</li> <li>● Basic concepts in classical information theory</li> <li>● Basic concepts in quantum information theory</li> <li>● Quantum communications</li> <li>● Decoherence</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Be able to identify the main differences between classical and quantum information.</li> <li>● Be able to identify the advantages of quantum over classical communications.</li> <li>● Correctly model quantum communication protocols and be able to adapt and generalize them to particular situations.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● The student must be willing to study the state of the art related to the topics covered in class.</li> <li>● Student's ability to apply the acquired knowledge in the search for solutions to specific problems.</li> </ul>

#### Resolución que aborda la propuesta con su enfoque disciplinar

Quantum information is a very broad and interdisciplinary area. Particularly, in computer science, it is vital for those students who wish to formally learn about the new developments in quantum technologies, mainly quantum computing and communications, but not limited to those. The course's content also provides a solid background for the study of more fundamental aspects of quantum systems.

#### II. Proximidad formativa

Áreas multi, inter y transdisciplinarias	Líneas de Generación y Aplicación de Conocimiento	Sectores sociales
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Quantum physics</li> <li>● Information theory</li> <li>● Cryptography</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Quantum computing</li> <li>● Quantum cryptography</li> <li>● Quantum networks</li> <li>● Quantum physics</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Characterization of quantum channels for research or educational purposes.</li> </ul>
<p>Estrategia de asociación: Practices in some quantum-technologies-related laboratories in which the student can perform basic characterization of quantum communication channels. The characterization information can be later used by the staff to perform certain experiments or by some other undergraduate students to learn about related subjects.</p>		



### Formato para registro de Unidades de aprendizaje 2021

#### III Metodología de enseñanza – aprendizaje

Descripción

Evidencias como proceso de aprendizaje

Evidencias integradoras (resultados que contribuyen al curriculum)	Ponderación

#### IV. Descripción de la participación esperada en el estudiante

Receptiva	Resolutiva	Autónoma	Estratégica



## Formato para registro de Unidades de aprendizaje 2021

### Contenido temático

1. Classical Information Theory	(18 horas)
1.1. Energy and information	
1.1.1. Maxwell's demon	
1.1.2. Landauer's principle	
1.1.3. Extracting work from information	
1.2. Shannon entropy	
1.3. Classical data compression	
1.3.1. Shannon's noiseless coding theorem	
1.3.2. Examples of data compression	
1.4. Classical cryptography	
1.4.1. The Vernam cypher	
1.4.2. The public-key cryptosystem	
1.4.3. The RSA protocol	
2. Quantum information theory	(30 horas)
2.1. The density matrix	
2.2. The Schmidt decomposition	
2.3. Purification	
2.4. The Kraus representation	
2.5. Measurement of the density matrix	
2.6. The von Neumann entropy	
2.7. Quantum data compression	
2.7.1. Schumacher's quantum noiseless coding theorem	
2.7.2. Compression of a $n$ -qubit message	
2.8. Quantum cryptography	
2.8.1. BB84 protocol	
2.8.2. E91 protocol	
3. Decoherence	(18 horas)
3.1. The quantum black box	
3.2. Measuring a quantum operation acting on a qubit	



### Formato para registro de Unidades de aprendizaje 2021

3.3. Quantum circuits simulating noise channels 3.4. Bit-flip, phase-flip and bit-phase-flip channels 3.5. The depolarizing channel 3.6. Amplitude and phase damping 3.7. De-entanglement  4. State of the art and other areas of application	(6 horas) Total: 72 horas
---	------------------------------

#### V. Secuencia programática

No.	Te ma	Objetivo de aprendizaje / competencia específica	Tiempo/Horas/Semanas	
Actividad(es):	No. Nombre de la actividad: Descripción de la actividad:		Tipo de interacción(es):	
			Referencias (s):	
Evidencia(s):				

**Tipo de interacción:** ID–Instrucción directa, TC–Trabajo colaborativo, AC–Análisis en campo, RP–Reflexión personal, PE–Presentación expositiva

*Nota: Replique esta sección las veces que sea necesario para cubrir toda la secuencia programática*

Indicar solo el número de las *Referencias* indizadas en la sección VII de este documento.

#### VI. Habilitadores tecnológicos

Disposiciones	Especificaciones / descripción de efectos
Conectividad	
Habilidades digitales	
Interoperabilidad	
Datos abiertos	
<i>Big Data</i>	
<i>Machine Learning</i>	



**Formato para registro de Unidades de aprendizaje 2021**

	Simulación	
	Realidad aumentada	
	Otro...	

VII. Referencias

Conferencias magistrales

1. John Preskill - Introduction to Quantum Information (Part 1) - CSSQI 2012 <a href="https://youtu.be/Q4xBISi_fOs">https://youtu.be/Q4xBISi_fOs</a>
2. John Preskill - Introduction to Quantum Information (Part 2) - CSSQI 2012 <a href="https://youtu.be/PJ6HbxBKZ68">https://youtu.be/PJ6HbxBKZ68</a>

Notas complementarias


Documentales / electrónicas

3. Benenti, G., & Rossini, G. C. (2018). Principles of Quantum Computation and Information (2nd ed.). World Scientific Publishing Company.
4. Benenti, G., Casati, G., & Strini, G. (2004). Principles Of Quantum Computation And Information - Volume I: Basic Concepts. World Scientific Publishing Company.
5. Benenti, G., Casati, G., & Strini, G. (2007). Principles Of Quantum Computation And Information - Volume II: Basic Tools and Special Topics. World Scientific Publishing Company.
6. McMahan, D. (2007). Quantum Computing Explained (1st ed.). Wiley.
7. Yanofsky, N., & Mannucci, M. (2008). Quantum Computing for Computer Scientists. Cambridge: Cambridge University Press.
8. Hayashi, M. (2017). Quantum Information Theory - Mathematical Foundation (2nd ed.). Springer.

VIII. Créditos y responsabilidades

Responsabilidad	Nombre completo	Clave de nombramiento /No. de empleado
Coordinador (Autor)	Dra. Guohua Sun	15530-EC-22/210668
Participante (Coautor)	Dr. Luis Fernando Quezada Mata Dr. shiHai Dong	16408-EA-22 16604-EE-22-6 COL /2600622



### Formato para registro de Unidades de aprendizaje 2021

	Asesor didáctico / Diseñador Instruccional		
	Tecnólogo educativo / Comunicólogo		
	Corrector de estilo		
	Programador multimedia / Diseñador gráfico		
	Otro...		

#### VERIFICACIÓN GENERAL DE LA PLANEACIÓN DIDÁCTICA

Por la División de Operación y Promoción al Posgrado de la SIP

Nombre \_\_\_\_\_

FIRMA \_\_\_\_\_

#### REVISIÓN DE LA PLANEACIÓN DIDÁCTICA (VIABILIDAD)

Por la Subdirección de Diseño y Desarrollo de la DEV

Nombre \_\_\_\_\_

FIRMA \_\_\_\_\_

#### VERIFICACIÓN PARA SU PUESTA EN OPERACIÓN

Por la Dirección de Posgrado

Nombre \_\_\_\_\_

#### REVISIÓN TÉCNICO-PEDAGÓGICA PARA LA MODALIDAD

Por la Dirección para la Educación Virtual

Nombre \_\_\_\_\_



Instituto Politécnico Nacional

Secretaría Académica  
Dirección de Educación Virtual

Secretaría de Investigación y Posgrado  
Dirección de Posgrado

SIP-30

**Formato para registro de Unidades de aprendizaje 2021**

<p>FIRMA _____</p>  <p>SELLO DE VALIDACIÓN</p>	<p>FIRMA _____</p>
--	--------------------