



**UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR**  
**Vicerrectorado Académico**

1. Departamento: Física

2. Asignatura: Información y **Comunicación Cuántica I**

3. Código de la asignatura: FS-5449

No. de unidades-créditos: 3

No. de horas semanales: Teoría 3 Práctica 2 Laboratorio 0

4. Fecha de entrada en vigencia de este programa: Enero 2017

5. Requisitos: Física Moderna II (FS-3412), y permiso de la Coordinación

6. **OBJETIVO GENERAL:** Formar a los estudiantes con los conceptos y herramientas básicas para la producción, transmisión y almacenamiento de información en sistemas cuánticos.

7. (Opcional) **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:** El estudiante tendrá competencias para:

1. Entender los fundamentos físicos básicos (teóricos y experimentales) de la Teoría de Información Cuántica.
2. Entender y usar operativamente el concepto de qubit, y estar familiarizado con sus principales realizaciones experimentales en procesos de computación cuántica.
3. Manejar fluidamente los conceptos relacionados con la teoría clásica de la información y comunicación, y sus contrapartes para sistemas cuánticos.
4. Aplicar el marco conceptual de la teoría de las mediciones cuánticas, incluyendo los aspectos relacionados con las variables ocultas, para el análisis de sistemas cuánticos.
5. Entender los conceptos entrópicos, y sus diversas interpretaciones, asociados a la transferencia de información en sistemas clásicos y cuánticos
6. Usar operativamente el concepto de entrelazamiento cuántico, en sus diferentes representaciones, y su implementación en las comunicaciones cuánticas.
7. Aplicar los conceptos básicos asociados a los canales de comunicación cuántica en canales Markovianos y no Markovianos en el estudio y diseño de sistemas físicos de computación cuántica.

## 8. CONTENIDOS:

**1. FUNDAMENTOS BÁSICOS DE MECANICA CUÁNTICA:** Espacios vectoriales y notación de Dirac. Producto interno y producto exterior, espacios de Hilbert. Operadores Lineales y operaciones unitarias en  $SU(n)$ . Autovectores y autovalores, descomposición espectral. Interpretación probabilística de la función de onda. Operadores Hermíticos. Relación de completitud. Ortonormalización de Gram-Schmidt. Producto tensorial. Qubits y qudits. Estados de Bell, estados de Werner y tipo Werner. Sistemas discretos multipartitos tipo Werner, GHZ y W. Teorema de No-Clonación. Clonación local de sistemas entrelazados. Medidas de vonNeuman: medidas proyectivas y valores esperados, medidas POVM. Regla de Luders. Operadores estadísticos reducidos. Postulados de la mecánica cuántica.

**2.- FUNDAMENTOS DE LA TEORIA DE INFORMACION CUANTICA:** Formalismo de la matriz densidad. Interpretación física. Trazas parciales. Estados clásicos, estados cuánticos, estados producto y estados entrelazados. Estados puros y estados mixtos. Propiedades de mezcla e interferencia de estados. Representación de Bloch bipartitas y multipartitas. Estados de variables continuas Gaussianos y no Gaussianos. Localidad y Realidad. Causalidad. Paradoja de EPR. Variables ocultas. Desigualdades de Bell. Contextualidad cuántica.

**3.- ENTROPIA EN SISTEMAS DE COMUNICACIÓN CLÁSICA Y CUÁNTICA:** **Entropía de Shannon:** Definición de información clásica, entropía de una variable aleatoria, entropía condicional, entropía conjunta, entropía relativa, información mutua, información mutua condicional. Propiedades matemáticas de la entropía, desigualdades. **Entropía de von Neumann y Entropía de Rény:** Entropía y codificación cuántica. Entropía cuántica conjunta, entropía cuántica relativa, entropía cuántica condicional. Información cuántica condicional. Información cuántica mutua, información cuántica interrogada, información cuántica coherente, desigualdades. Teorema de Holevo. Compresión de Schumacher. Concentración del entrelazamiento. **Medidas de entrelazamiento para sistemas bipartitos y multipartitos:** Negatividad, índice de Schmidt, concurrencia, entrelazamiento de formación, tangle y n-tangle. Certificación del entrelazamiento. Purificación y Destilación de estados ortogonales y no ortogonales. Medida geométrica de Hilbert-Schmidt, distancia traza para qubits y qudits, distancia de Bures, fidelidad. Medida geométrica para sistemas N-partitos con qudits.

**4.- PRINCIPIOS DE COMUNICACIÓN CUÁNTICA:** Canales cuánticos de información. Sistemas abiertos y decoherencia. Ecuaciones maestras para sistemas abiertos. Operadores de Kraus. Sistemas Markovianos y no-Markovianos. Mapa dual y degeneración del canal. Capacidad de un canal clásico y de un canal cuántico. Fidelidad del canal. Espacios libres de decoherencia. El efecto Zenón cuántico. Capacidad de canales con y sin memoria cuántica. Interpretación geométrica de los canales cuánticos. Aditividad y superactivación de canales cuánticos. Memoria Cuántica: operadores de Kraus, aspectos teóricos y experimentales de la memoria cuántica, relación entrópica de la incertidumbre en la presencia de memoria cuántica

**5.- REALIZACION FISICA DE SISTEMAS DE COMPUTACIÓN CUÁNTICA:** Criterio de DiVincenzo. Interacción de radiación y materia. Modelo de Rabi. Modelo de Jaynes-Cummings. Generación de qubits y qudits por espines electrónicos, niveles de energía atómica, and estados cuánticos de fotones. Computadores cuánticos basados en procesos de: sistemas ópticos cuánticos, resonancia magnética nuclear, iones atrapados, átomos neutrales, uniones Josephson, puntos cuánticos.

## **9. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS, DIDACTICAS O DE DESARROLLO DE LA ASIGNATURA.**

Se recomiendan las siguientes:

1. Clases magistrales
2. Sesiones de Ejercicios y/o Problemas
3. Talleres
4. Seminarios
5. Investigaciones
6. Presentaciones
7. Simulaciones computarizadas

## **10. ESTRATEGIAS DE EVALUACIÓN.**

Se recomiendan las siguientes:

1. Pruebas escritas.
2. Pruebas verbales.
3. Informes de simulaciones.
4. Ejercicios, tareas y/o asignaciones para fuera del aula.
5. Exposiciones por parte del estudiante.

## **11. FUENTES DE INFORMACIÓN:**

1.- Masahito Hayashi, Satoshi Ishizaka, Akinori Kawachi, Gen Kimura, Tomohiro Ogawa, "Introduction to Quantum Information Science", Springer-Verlag Berlin Heidelberg, (2015)

2.- Sandor Imre and Laszlo Gyongyosi "ADVANCED QUANTUM COMMUNICATIONS: An Engineering Approach", John Wiley and Sons, INC., Publication, (2013)

3.- Mark M. Wilde, "Quantum Information Theory", McGill University, Montréal (2013)

4.- Christopher G. Timpson "Quantum Information Theory and the Foundations of Quantum Mechanics", Oxford University Press (2013)

4.- János A. Bergou, Mark Hillery (auth.), "Introduction to the Theory of Quantum Information Processing", Springer-Verlag New York (2013)

6.- M. A. Nielsen y I. L. Chuang, "Quantum computation and quantum information", Cambridge University Press, (2010)

7.- Mikio Nakahara and Tetsuo Ohmi, "Quantum Computing, from Linear Algebra to Physical Realizations". CRC Express. (2008)

8- G.Jaeger, "Quantum Information: An overview", Springer 2007

9.- G. Benenti, G. Casati and G. Strini, "Principles of Quantum Computation Vol 1". World Scientific (2005)

10.- G. Benenti, G. Casati and G. Strini, "Principles of Quantum Computation Vol 2". World Scientific (2005)