



UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR
Vicerrectorado Académico

1. Departamento: *Física*

2. Asignatura: Grafos Cuánticos e Información Cuántica

3. Código de la asignatura: FS-7447

No. de unidades-crédito: 4

No. de horas semanales: Teoría 4 Práctica 2 Laboratorio

4. Fecha de entrada en vigencia de este programa: Enero 2015

5. Requisitos: (*códigos*)

6. OBJETIVO GENERAL: *Esta asignatura, tiene como objetivo principal, el capacitar a los estudiantes en el estudio de los grafos cuánticos y sus aplicaciones, tanto en sistemas de comunicación cuántica, como en el estudio de los fundamentos de la Mecánica Cuántica.*

7. OBJETIVOS ESPECÍFICOS: *El estudiante tendrá competencias para:*

- 1. Manejar fluidamente los conceptos relacionados con la teoría clásica de la información y comunicación, y sus contrapartes para sistemas cuánticos.*
- 2. Entender y usar operativamente circuitos cuánticos.*
- 3. Dominar los conceptos básicos asociados a grafos cuánticos, así como sus aplicaciones en el desarrollo de circuitos cuánticos, y en la teoría de corrección de errores en computación cuántica.*
- 4. Entender y desarrollar protocolos de comunicación con estados grafos, estados estabilizadores y estados clusters.*
- 5. Dominar las aplicaciones de los estados grafos en las teorías de: variables ocultas, de localidad, y de contextualidad de la Mecánica Cuántica*

8. CONTENIDOS :

1) FUNDAMENTOS DE LA TEORIA DE INFORMACIÓN CUÁNTICA: Formalismo de la matriz densidad. Clasificación de las mediciones. Proyecciones y valores esperados. Estados puros y estados mixtos. Estados producto y estados entrelazados. Medidas de entrelazamiento. Concurrencia. Entrelazamiento y geometría del espacio de estados. Entrelazamiento y mezcla de estados. Destilación. Entrelazamiento en sistemas de varias partículas. Canales de comunicación. Decoherencia en los canales de comunicación. Entropía de Shannon y entropía de Von Neumann. Correlaciones cuánticas.

2) CIRCUITOS CUANTICOS: Compuertas cuánticas, correspondencia entre compuertas clásicas y compuertas cuánticas, Teorema de la no-clonación y su relación con las compuertas cuánticas. Ejemplos con compuertas cuánticas: teleportación y codificación densa. Compuertas cuánticas Universales.

3) PROTOCOLOS CUANTICOS: Algoritmo de Deutsch. Algoritmo de Simon. algoritmo de factorización de Short. Algoritmo de Deutsch-Jozsa. Algoritmo de Bernstein-Varizani. Algoritmo de Grover.

4) CORRECCION DE ERRORES CUANTICOS: Corrección clásica y cuántica de errores. Código cuántico de tres qubit para el error Bit-Flip y el Phase-Flip. Discretización de errores. Códigos estabilizadores de corrección cuántica de errores. Computación cuántica basada en medidas.

5) GRAFOS CUANTICOS: Definiciones de grafos cuánticos. Estados clusters, estados estabilizadores y el modelo de Ising. Grupo de Clifford. Estados grafos y formalismo estabilizador. Evolución de un estado grafo a través de su estabilizador. Función de Lovász de un grafo. Grafos para compuertas de un solo qubit. Grafos para compuertas de dos qubits. Grafos QCNOT. Grafos entrelazados: clases de equivalencia, complementación local, criterios de clasificación. Conjunto compacto de invariantes para estados grafos bajo operaciones locales estocásticas asistidas por comunicación clásica (SLOCC). Invariantes de Van den Nest, Dehaene y De Moor.

6) PROTOCOLOS CON GRAFOS CUANTICOS: Códigos de corrección cuántica usando estados grados de qudits. Protocolos de teleportación y codificación densa usando grafos cuánticos. Códigos criptográficos. Grafos cuánticos en redes cuánticas.

7) GRAFOS CUANTICOS Y FUNDAMENTOS DE LA MECANICA CUANTICA:

7.1) TEOREMAS DE LOCALIDAD: Paradoja de EPR, Teoría de las variables ocultas, Desigualdades de Bell. Demostraciones “all-versus nothing (AVN)” del teorema de Bell. Desigualdad de Clauser-Horne-Shimony-Holt (CHSH).

7.2) TEOREMAS DE CONTEXTUALIDAD: Teorema de Gleason. Teorema de Kochen-Specker. Desigualdad de Klyanchko-Can-Binicoglu-Shumovsky (KCBS). Medida condicional en modelos no contextuales de variables ocultas.

7.3) Demostraciones AVN bipartitas y m partitas usando estados grafos. Estudio las violaciones a las relaciones de localidad y contextualidad con grafos de 8 qubits y 4 fotones, y de 10 qubits y 5 fotones. Relaciones de monogamia para localidad y contextualidad con estados grafos.

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. *Investigaciones*
4. *Presentaciones*
5. *Simulaciones computarizadas*
6. *Prácticas de laboratorio demostrativas*

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. *Presentaciones por parte del estudiante*
6. *Solución de problemas*
7. *En el caso del postgrado tanto el contenido como la evaluación tendrá un nivel superior que al de pregrado.*

11. FUENTES DE INFORMACIÓN:

- 1.- Gregory Berkolaiko, Peter Kuchment, “ Introduction to Quantum Graphs”, (Mathematical Surveys and Monographs) Volume 186. American Matematical Society. Applied Mathematics.
- 2.- M. A. Nielsen y I. L. Chuang, “Quantum computation and quantum information”, Cambridge University Press, 2010.
- 3.- Mikio Nakahara and Tetsuo Ohmi, “Quantum Computing, from Linear Algebra to Physical Realizations”. CRC Express. 2008
- 4.- R. Carlson, S. A. Fulling, and P. K. Gregory Berkolaiko, “Quantum Graphs and Their Applications”, (Contemporary Mathematics). 2006
- 5.- Asher Peres, “Quantum Theory Concepts and Methods”, Kluwer Academic Publishers. 2002
- 6.- Peter Kuchment, Quantum graphs: an introduction and a brief survey, Proc. Symp. Pure. Math., AMS 2008, pp.291 – 314
- 7.- Mark Howard, Joel Wallman, Victor Veitch and Joseph Emerson “Contextuality supplies the ‘magic’ for quantum computation” Nature 510,351–355 (2014).
- 8.- A. Cabello, L. Danielsen, A. J. López-Tarrida, J. R. Portillo “Basic exclusivity graphs in quantum correlations”, Physical Review A 88 (3), 0324104 (2013)
- 9.- A. A. Klyachko, M. A. Can, S. Binicioglu, and A. S.Shumovsky, Phys. Rev. Lett. 101, 020403 (2008).
- 10.- J. F. Clauser, M. A. Horne, A. Shimony and R. A. Holt, Phys. Rev. Lett. 23, 880–884 (1969)
- 11.- Adán Cabello, Phys. Rev. Lett. 110(6), 060402 (2013)
- 12.- P. Kurzyński, A. Cabello, and D. Kaszlikowski , Phys. Rev. Lett. 112 (10), 100401 (2014)

12. *(Esta sección es un apéndice a ser desarrollado por el profesor al inicio de cada ejecución del programa, y que debe informarse a los estudiantes).*

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES: *Éste orienta al estudiante y al docente sobre el desarrollo de la asignatura en el tiempo. Deben expresarse, resumidamente, las actividades que se realizarán cada semana: estrategias didácticas, estrategias de evaluación y actividades especiales, entre otros. El cronograma puede ser flexible y depende entre otros factores, del período de actividades docentes.*