

PROPUESTA DE CURSO PARA LA ECI 2017  
**Fundamentos de lenguajes para computación cuántica**

Alejandro Díaz-Caro  
CONICET & Universidad Nacional de Quilmes

**Título del curso:** Fundamentos de lenguajes para computación cuántica.

**Resumen:** La computación cuántica se puede pensar como un paradigma de computación basado en la física cuántica, o simplemente como una forma estructurada de razonar la física cuántica. La física cuántica predice el comportamiento de las partículas, y la computación cuántica es un formalismo que toma ese comportamiento como un proceso de cómputo: tiene un estado inicial, un estado final, y un camino/cómputo que se sigue.

En este curso se dará una introducción a la computación cuántica, estudiando el formalismo matemático y algunos de los algoritmos más conocidos. Luego, se dará una introducción al  $\lambda$ -cálculo y la teoría de tipos. Finalmente, presentaremos desarrollos recientes de extensiones al  $\lambda$ -cálculo y la teoría de tipos para computación cuántica. En particular, veremos los diferentes paradigmas utilizados (control clásico y datos cuánticos vs. control y datos cuánticos), los objetivos generales de dichas líneas de investigación y algunos de los resultados más notorios en el área.

**Programa del curso:**

- 1 Introducción a la computación cuántica**
  - 1.1 Preliminares: Álgebra
    - 1.1.1 Espacio de Hilbert
    - 1.1.2 Productos tensoriales
    - 1.1.3 Notación Dirac
  - 1.2 Bits cuánticos y operadores
  - 1.3 Teorema del no-clonado
  - 1.4 Estados de Bell
    - 1.4.1 Codificación superdensa
    - 1.4.2 Teleportación cuántica
  - 1.5 Paralelismo Cuántico
- 2 Algoritmos cuánticos y aplicación a criptografía**
  - 2.1 Algoritmo de Deutsch
  - 2.2 Algoritmo de Deutsch-Jozsa
  - 2.3 Algoritmo de Búsqueda de Grover
  - 2.4 Criptosistema Cuántico QKD-BB84
- 3 Introducción a la mecánica cuántica**
  - 3.1 Postulados de la mecánica cuántica
    - 3.1.1 Medición proyectiva
    - 3.1.2 Fase
  - 3.2 Operador densidad
    - 3.2.1 Preliminares: Álgebra
    - 3.2.2 Conjuntos de estados cuánticos
    - 3.2.3 Propiedades generales del operador densidad
    - 3.2.4 El operador densidad reducido
  - 3.3 Descomposición de Schmidt
- 4 Introducción al  $\lambda$ -cálculo y a la teoría de tipos**
  - 4.1  $\lambda$ -cálculo no tipado
  - 4.2 La no terminación
  - 4.3 Estrategias de reducción
  - 4.4  $\lambda$ -cálculo simplemente tipado

- 4.5 Polimorfismo
- 4.6 Una semántica denotacional de  $\lambda$ -cálculo tipado

## 5 Extensiones cuánticas al $\lambda$ -cálculo

- 5.1 Paradigma de control clásico y datos cuánticos
  - 5.1.1 El  $\lambda$ -cálculo cuántico de André van Tonder
  - 5.1.2 El  $\lambda$ -cálculo cuántico de Peter Selinger y Benoît Valiron
- 5.2 Paradigma de control y datos cuánticos
  - 5.2.1 El  $\lambda$ -cálculo lineal algebraico
  - 5.2.2 Tipando superposiciones y las mediciones proyectivas

### Bibliografía:

- Apunte del docente (ver <http://computacion-cuantica.web.unq.edu.ar/wp-content/uploads/sites/75/2016/11/apunte.pdf>)
- Quantum computation and quantum information de Michael Nielsen e Isaac Chuang. Cambridge University Press. 2000.
- Introduction to the theory of programming languages de Gilles Dowek y Jean-Jacques Lévy. Springer. 2011.
- Lectures on the Curry-Howard isomorphism de Morten H. B. Sørensen y Paweł Urzyczyn. Elsevier. 2006.
- Proof and types de Jean-Yves Girard, Paul Taylor e Yves Lafont. Cambridge University Press. 1989.
- Lambda calculi with types de Henk Barendregt, Wil Dekkers y Richard Statman. Cambridge University Press. 2013.

**Idioma:** Español (o inglés si lo prefieren).

**CV del profesor:** (CV resumido a continuación, CV detallado adjunto<sup>1</sup>)

- Investigador Asistente en CONICET desde mediados de 2016.
- Profesor Adjunto con dedicación exclusiva en la Universidad Nacional de Quilmes desde 2014.
- Repatriado RAICES en 2014 por medio de un proyecto PIDRI en la Universidad Nacional de Quilmes, con Eduardo Bonelli.
- Postdocs:
  - Dos años (2012–2013 y 2013–2014) como *Attaché Temporaire d'Enseignement et de Recherche* (postdoc con obligaciones docentes) en la Université Paris-Ouest Nanterre La Défense y en el centro INRIA Paris-Rocquencourt (grupo Deducteam de Gilles Dowek).
  - Un año (2011–2013) en el LIPN, Université Paris 13, con Michele Pagani.
- Doctorado en Ciencias de la Computación por la Université de Grenoble (Francia), en 2011. Director: Pablo Arrighi.
- Licenciado en Ciencias de la Computación por la Universidad Nacional de Rosario en 2007. Directores de tesina: Pablo E. Martínez López y Manuel Gadella.

---

<sup>1</sup>El CV actualizado puede descargarse de <http://diaz-carro.web.unq.edu.ar/CV-diazcaro-ES.pdf>