

## MÉTODOS COMPUTACIONALES AVANZADOS

Jaime E. Forero Romero

NOMBRE DEL CURSO: Métodos Computacionales Avanzados

CÓDIGO DEL CURSO: FISI 3028 / FISI 4028

UNIDAD ACADÉMICA: Departamento de Física

PERIODO ACADÉMICO: 201710

HORARIO: Lu 18:00 a 19:50 y Vi 18:00 a 18:50

---

NOMBRE PROFESOR(A) PRINCIPAL: Jaime E. Forero Romero

CORREO ELECTRÓNICO: [je.forero@uniandes.edu.co](mailto:je.forero@uniandes.edu.co)

NOMBRE PROFESOR(A) COMPLEMENTARIO(A):

CORREO ELECTRÓNICO: [@uniandes.edu.co](mailto:@uniandes.edu.co)

---

### I Introducción

Los métodos computacionales fundamental el trabajo en todas las áreas técnicas y científicas, ya sean principalmente experimentales o teóricas. Esto se debe en gran parte a que la capacidad de utilizar computadoras de alto rendimiento ha disminuido en costo monetario y en complejidad.

El curso de Métodos Computacionales Avanzados presenta estas posibilidades computacionales a estudiantes de diferentes disciplinas científicas. Para esto se propone profundizar sus conocimientos en tres áreas: resolución de ecuaciones diferenciales, implementación de métodos de machine learning (i.e. algoritmos que aprenden de datos) y utilización de técnicas de cómputo masivamente paralelo.

Se asume que los estudiantes de este curso ya tienen conocimientos básicos en métodos computacionales equivalentes al nivel del curso Métodos Computacionales (FISI-2028).

### II Objetivos

Los objetivos principales del curso son:

- Presentar métodos para la resolución de ecuaciones diferenciales parciales.
- Demostrar el uso de métodos y librerías de Machine Learning.
- Mostrar diferentes arquitecturas, paradigmas, lenguajes y librerías para cómputo masivamente paralelo.
- Estudiar diferentes aplicaciones prácticas a problemas científicos y del contexto industrial de las metodologías computacionales modernas.

### III Competencias a desarrollar

Al finalizar el curso, se espera que el estudiante esté en capacidad de:

- Manejar lenguajes modernos de computación numérica de bajo nivel (i.e. C/C++) y de alto nivel (i.e. Python/R/Julia).
- Tener un esquema para pre-procesar, analizar y generar reportes científicos y técnicos a partir de diversas fuentes de datos utilizando métodos computacionales.
- Desplegar programas en paralelo en un cluster
- Generar conocimiento a partir del modelamiento teórico y computacional de los conceptos vistos en clase.

## IV Contenido por semanas

**Semana 1.** Unix. Repositorios. Makefiles. C. Python. Norma IEEE para aritmética de punto flotante.

Referencia: Capítulos 1, 2, 3, 6 y 9 del libro de ISTC.

**Semana 2.** Fundamentos de programación en paralelo. Taxonomía de arquitecturas para cómputo en paralelo. Máquinas para cómputo en paralelo en Uniandes. Fundamentos de programación en paralelo: MPI.

Referencia: Capítulos 11 y 12 del libro de ISTC.

**Semana 3.** Fundamentos de programación en paralelo: MPI.

Referencia: Capítulo 12 del libro de ISTC.

**Semana 4.** Fundamentos de programación en paralelo: OPENMP.

Referencia: Capítulo 13 del libro de ISTC.

**Semana 5.** Ecuaciones Diferenciales Parciales. Diferencias Finitas.

Referencia: Capítulos 1, 2, 3 y 4 del libro de Chung.

**Semana 6.** Ecuaciones Diferenciales Parciales. Elementos Finitos.

Referencia: Capítulos 8, 9 y 10 del libro de Chung.

**Semana 7.** Ecuaciones Diferenciales Parciales. Volúmenes Finitos.

Referencia: Capítulos 7 y 16 del libro de Chung.

**Semana 8.** Estimación de parámetros con estadística bayesiana. Algoritmo de Metrópolis-Hastings.

Referencia: Capítulo 29 de ITILA.

**Semana 9.** Algoritmos Monte Carlo eficientes: Hamiltoniano, Gibbs, annealing.

Referencia: Capítulo 30 de ITILA.

**Semana 10.** Introducción a Machine Learning.

Referencia: Capítulos 1 y 2 de ISLR.

**Semana 11.** Regresión lineal y regularización.

Referencia: Capítulo 3 de ISLR.

**Semana 12.** Árboles de Decisión.

Referencia: Capítulo 8 ISLR.

**Semana 13.** Support Vector Machines.

Referencia: Capítulo 9 ISLR.

**Semana 14.** PCA, Clustering, K-means. t-SNE.

Referencia: Capítulo 10 ISLR.

**Semana 15.** Redes Neuronales. Introducción a Deep Learning.

## V Metodología

Cada semana tendremos una corta presentación teórica (45 minutos aproximadamente) para pasar a ejercitar esos conceptos directamente en la computadora/cluster haciendo ejercicios de práctica (90 minutos aproximadamente).

## VI Criterios de evaluación

El curso tendrá tres entregas de talleres, cada una con un valor del 25 % de la nota definitiva. Los temas de las entregas serán los siguientes:

1. Cómputo en paralelo (OpenMP, MPI).
2. Ecuaciones diferenciales (ordinarias, parciales, estocásticas).
3. Machine Learning.

El 25 % restante de la nota definitiva se calculará a partir del promedio de 3 entregas de ejercicios cortos resueltos en clase. Habrá un examen escrito la última semana de clase que es prerequisite para hacer la entrega del tercer taller.

## VII Bibliografía

Bibliografía principal:

- T. J. Chung., *Computational Fluid Dynamics*, 2002, Cambridge. (Biblioteca General 532.050285 CH853).
- I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville., *Deep Learning*, 2016, MIT.  
<http://www.deeplearningbook.org/>
- G. James, D. Witten, T. Hastie, R. Tibshirani., *An Introduction to Statistical Learning with Applications in R*, 2015, Springer.  
<http://www-bcf.usc.edu/~gareth/ISL/>
- D. J. MacKay., *Information Theory, Inference and Learning Algorithms*, 2003, Cambridge.  
<http://www.inference.phy.cam.ac.uk/mackay/itila/>.
- F. T. Wilmore, E. Jankowski, C. Colina, *Introduction to Scientific and Technical Computing*, 2017. CRC Press. (Biblioteca General - 502.85 I576)
- J. VanderPlas., *Python Data Science Handbook*, 2016, O'Reilly.  
<https://github.com/jakevdp/PythonDataScienceHandbook>

Bibliografía complementaria:

- A. Tveito, H.P. Langtangen, B.F. Nielsen., *Elements of Scientific Computing*, 2010. (Biblioteca General, Recurso Electrónico 510. )
- R. L. Burden, J. D. Faires. *Numerical analysis*, 2011. (Biblioteca General - 519.4 B862 2011)
- O. Maimon and L. Rokach, *The Data Mining and Knowledge Discovery Handbook*, 2010. (Biblioteca General, Recurso Electrónico 006.312)
- M. Snir, *MPI : the complete reference*, 1996. (Biblioteca General, 004.35 M637)
- J. Sanders, E. Kandrot. *CUDA by example: an introduction to general-purpose GPU programming*, 2010. (Biblioteca General - 005.275 S152)
- D. Conway and J. M. White. *Machine learning for hackers*, 2012.
- S.Bird. *Natural Language Processing with Python*, 2009.
- Theano Development. *Deep Learning Tutorial* <http://deeplearning.net/tutorial/>