

Guía docente de la asignatura

**Neurociencia Computacional y  
Neuroingeniería (M51/56/3/16)**Fecha de aprobación por la Comisión  
Académica: 05/07/2022**Máster**Máster Universitario en Ciencia de Datos e Ingeniería de  
Computadores**MÓDULO**

Módulo de Sistemas de Aplicación Específica

**RAMA**

Ingeniería y Arquitectura

**CENTRO RESPONSABLE  
DEL TÍTULO**

Escuela Internacional de Posgrado

**Semestre**

Primero

**Créditos**

4

**Tipo**

Optativa

**Tipo de  
enseñanza**

Presencial

**PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES**

Ninguno

**BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (Según memoria de verificación del Máster)**

Esta materia se enmarca en una ingeniería, con una importante faceta experimental y con interés en estudios multidisciplinares. Por ello incluye distintas componentes: formación teórica (sobre metodología y materia de base), diseño (capacidad de estudio de sistemas utilizando ingeniería inversa de sistemas biológicos para diseño) y experimentación (validación de modelos, simulación y resultados). Aunque este es un campo muy amplio, con múltiples casos de estudio y aplicaciones diversos, existen ciertas metodologías, herramientas y técnicas que son aplicables para diversos campos.

Se hará especial énfasis en fomentar la capacidad del alumno para abordar nuevos estudios y problemas. La materia se centrará en tres campos de estudio: neurociencia computacional, simulación de sistemas neuronales biológicamente plausibles y neuroingeniería. En la materia se incidirá especialmente en las técnicas de estudio de los sistemas biológicos, identificación de primitivas computacionales y aplicaciones relacionadas con tecnologías actuales.

Se explicarán formas de computación masivamente paralelas basadas en sistemas biológicos y cómo simular estos sistemas. Se estudiarán los conceptos fundamentales de neuroingeniería, incluyendo: interfaces con el sistema nervioso (electrofisiología, registro y estimulación



eléctrica), neuroprótesis, interfaces cerebro-computador (BCI), y ejemplos de desarrollos de neuroingeniería de diversa aplicación.

Se desarrollan clases de tipo seminario para la formación teórica, prácticas con uso de simuladores de sistemas neuronales biológicos y monitorización en el desarrollo de trabajos y estudios por parte de los estudiantes. Además se fomentará la formación científica mediante la revisión y discusión de trabajos científicos de este campo para desarrollar la capacidad de actualización de conocimientos por parte del estudiante más allá del curso que se imparte.

## COMPETENCIAS

### COMPETENCIAS BÁSICAS

- CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.
- CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.
- CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.
- CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.
- CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

### COMPETENCIAS GENERALES

- CG01 - Capacidad de acceso y gestión de la información
- CG02 - Capacidad de análisis y síntesis
- CG03 - Capacidad de organización y planificación
- CG04 - Capacidad emprendedora
- CG05 - Capacidad para tomar decisiones de forma autónoma
- CG06 - Capacidad de uso de una lengua extranjera
- CG07 - Motivación por la calidad
- CG08 - Capacidad para trabajar en equipo

### COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE02 - Capacidad de utilización de herramientas avanzadas en actividades propias de la ingeniería de computadores y redes: herramientas para la descripción, análisis, simulación, diseño e implementación de plataformas de cómputo, control y comunicación
- CE03 - Capacidad para la aplicación de técnicas y metodologías que permitan abordar desde nuevas perspectivas los problemas de interés, gracias a la disponibilidad de las plataformas de computación y comunicación con altos niveles de prestaciones.



- CE04 - Capacidad de análisis de aplicaciones en ámbitos de biomedicina y bioinformática, optimización y predicción, control avanzado, y robótica bioinspirada, tanto desde el punto de vista de los requisitos para una implementación eficaz de los algoritmos y las técnicas de computación que se usan para abordarlas, como de las características deseables en las arquitecturas donde se ejecutan

### COMPETENCIAS TRANSVERSALES

- CT01 - Ser consciente de la importancia del desarrollo sostenible y demostrar sensibilidad medioambiental.
- CT02 - Ser consciente del derecho a la no discriminación y al acceso universal al conocimiento de las personas con discapacidad.

### RESULTADOS DE APRENDIZAJE (Objetivos)

#### Resultados de Aprendizaje:

- (AP0) Resultados relacionados con las competencias generales (CG): habilidades de resolución de problemas, de discusión, de comunicación oral y escrita, etc.
- (AP1) Análisis de sistemas biológicos para identificación de primitivas de computación. Identificación de propiedades de interés computacional frente propiedades propias del sustrato biológico (tejido biológico).
- (AP2) Simulación de sistemas de computación bio-inspirados. Implementación de sistemas neuronales basados en impulsos. Modelos de neurona, de sistemas neuronales y de plasticidad sináptica.
- (AP3) Evaluación de prestaciones en el marco de aplicaciones reales como simulación de sistemas nerviosos.
- (AP4) Estudio de propiedades emergentes de sistemas diseñados para su validación en el marco del estudio de sistemas biológicos.
- (AP5) Revisión y discusión de trabajos científicos de este campo. Para desarrollar su capacidad de actualización de conocimientos científico-técnicos más allá de los contenidos del curso.

### PROGRAMA DE CONTENIDOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS

#### TEÓRICO

##### Introducción.

- La Neurona. El sustrato biológico.
- Modelos de neurona a distinto nivel de abstracción (a nivel de canales iónicos, multicompartimentales, simplificados).
- Aprendizaje. Adaptación sináptica.
- Proyecto del Cerebro Humano (HBP)

##### Procesamiento de información.

- Codificación de la información.
- Procesamiento de información con distintas codificaciones a nivel de impulsos nerviosos.



### Centros nerviosos.

- Cerebelo.
- Tracto sensorial (tacto).
- Retina, Cóclea, etc.

### Neuroingeniería

- Interfaces neuroeléctricas (electrodos, estimulación/registro del tejido nervioso).
- Análisis de señales neuronales.
- Neuroprótesis.
- Prótesis de Retina, Prótesis Corticales sensoriales y motoras.
- Estimulación Cerebral Profunda (Deep Brain Stimulation)
- Interfaces cerebro-máquina (no invasivos).

### PRÁCTICO

Se desarrollarán prácticas de simulación neuronal y uso de interfaces cerebro-máquina.

- Práctica con simulador neuronal.
- Simulación de una neurona de impulsos.
- Estudio de los parámetros neuronales y sus características funcionales.

### BIBLIOGRAFÍA

#### BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL

- Principles of Neural Science. Eric R. Kandel (Editor), James H. Schwartz (Editor), Thomas M. Jessell (Editor), Steven A. Siegelbaum (Editor), A. J. Hudspeth (Editor), 2012 (quinta Ed.).
- Spiking Neuron Models: Single Neurons, Populations, Plasticity by Wulfram Gerstner and Werner M. Kistler (Aug 26, 2002)
- Neuronal Dynamics: From Single Neurons to Networks and Models of Cognition by Wulfram Gerstner, Werner M. Kistler, Richard Naud and Liam Paninski (Aug 31, 2014)
- Di Lorenzo, DJ, Bronzino, JD. Neuroengineering. CRC Press, 2008.
- Wallisch P, et. al. Matlab for Neuroscientists. Associated Press, 2009.
- Berger, Th. Brain Computer Interfaces, Springer, 2008.

#### BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- N. R. Luque, F. Naveros, D. Sheynikhovich, E. Ros, A. Arleo. Computational epidemiology study of homeostatic compensation during sensorimotor aging. Neural Networks. 146. 316-333. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neunet.2021.11.024>
- I. Abadía, F. Naveros, E. Ros, R. R. Carrillo, N. R. Luque. A cerebellar-based solution to the nondeterministic time delay problem in robotic control. Science in Robotics, 6(58). 2021. DOI: 10.1126/scirobotics.abf2756
- M. Marín, M.J. Sáez-Lara, E. Ros, J. A. Garrido. Optimization of Efficient Neuron Models with Realistic Firing Dynamics. The case of the Cerebellar Granule Cell. Frontiers in Cellular Neuroscience, section Cellular Neurophysiology. 14:161. 2020.
- Luque NR, Naveros F, Carrillo RR, Ros E and Arleo A (2019) Spike burst-pause dynamics



of Purkinje cells regulate sensorimotor adaptation. PLoS Comput. Biol., 15(3): e1006298. 2019. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1006298>.

- F. Naveros, J.A. Garrido, R. R. Carrillo, E. Ros, N.R. Luque. Event- and Time-Driven Techniques Using Parallel CPU-GPU Co-Processing for Spiking Neural Networks. Frontiers in Neuroinformatics. 11:7. 2017.
- A. Prieto, B. Prieto, E. Martinez-Ortigosa, E. Ros, F. Pelayo, J. Ortega, I. Rojas. Neural networks: An overview of early research, current frameworks and new challenges. Neurocomputing, 214:242–268, 2016. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/j.neucom.2016.06.014\\_0925-2312/](http://dx.doi.org/10.1016/j.neucom.2016.06.014_0925-2312/)
- E. Ros, R. Carrillo, E. M. Ortigosa, B. Barbour, R. Agís, Event-driven simulation scheme for spiking neural networks using look-up tables to characterize neuronal dynamics, Neural Computation, 18(12), pp. 2959–2993, 2006.
- J.A. Garrido, E. Ros and E. D'Angelo, Spike timing regulation on the millisecond scale by distributed synaptic plasticity at the cerebellum input stage: a simulation study. Front. Comput. Neurosci. 7, 64. 2013. DOI: 10.3389/fncom.2013.00064
- J. A Garrido Alcazar, N. R. Luque, E. D'Angelo, E. Ros, Distributed cerebellar plasticity implements adaptable gain control in a manipulation task: a closed-loop robotic simulation. Frontiers in Neural Circuits. 7, 159, 2013. doi: 10.3389/fncir.2013.00159
- M. A. López-Gordo, E. Fernández, S. Romero, F. Pelayo, A. Prieto. An auditory brain-computer interface evoked by natural speech. Journal of Neural Engineering. Vol. 9 2012.

## ENLACES RECOMENDADOS

<https://ebrains.eu/>

<https://www.nest-initiative.org/>

<https://en.wikipedia.org/wiki/BCI2000>

## METODOLOGÍA DOCENTE

- MD01 Lección magistral/expositiva
- MD02 Resolución de problemas y estudio de casos prácticos
- MD03 Prácticas de laboratorio
- MD04 Seminarios
- MD05 Análisis de fuentes y documentos
- MD06 Realización de trabajos en grupo
- MD07 Realización de trabajos individuales

## EVALUACIÓN (instrumentos de evaluación, criterios de evaluación y porcentaje sobre la calificación final)

### EVALUACIÓN ORDINARIA

El artículo 17 de la Normativa de Evaluación y Calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada establece que la convocatoria ordinaria estará basada preferentemente en la evaluación



continua del estudiante, excepto para quienes se les haya reconocido el derecho a la evaluación única final.

Todo lo relativo a la evaluación se regirá por la normativa de evaluación y de calificación de los estudiantes de la Universidad de Granada. El sistema de calificaciones se expresará mediante calificación numérica de acuerdo con lo establecido en el art. 5 del R. D 1125/2003, de 5 de septiembre, por el que se establece el sistema europeo de créditos y el sistema de calificaciones en las titulaciones universitarias de carácter oficial y validez en el territorio nacional.

La metodología de evaluación por defecto según la normativa de la Universidad de Granada es la **evaluación continua**, que en el caso de esta asignatura se compone de los siguientes elementos:

- Elaboración y defensa de trabajo sobre un tema relacionado con el temario de la asignatura (Máx. 6 puntos)
- Ejercicios prácticos propuestos durante las sesiones de laboratorio (Máx. 2 puntos)
- Actividades planteadas durante el desarrollo de las clases (Máx. 2 puntos)

Si algún estudiante, por causa justificada, no puede realizar la presentación del trabajo o asistir a las clases, sesiones prácticas y/o seminario, deberá ponerse en contacto con los profesores para que se le proponga la realización de actividades compensatorias basadas en la investigación, obtención de información y desarrollo de ideas partiendo de las fuentes documentales accesibles para el estudiante sobre los contenidos de las diferentes clases y los ejercicios prácticos.

Alternativamente a la evaluación continua, el alumno puede optar por la **evaluación única final** (EUF) según lo dispuesto en la normativa de evaluación y de calificación de los estudiantes de la Universidad de Granada (<http://secretariageneral.ugr.es/pages/normativa/ugr/ncg7121>).

## EVALUACIÓN EXTRAORDINARIA

El artículo 19 de la Normativa de Evaluación y Calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada establece que los estudiantes que no hayan superado la asignatura en la convocatoria ordinaria dispondrán de una convocatoria extraordinaria. A ella podrán concurrir todos los estudiantes, con independencia de haber seguido o no un proceso de evaluación continua. De esta forma, el estudiante que no haya realizado la evaluación continua tendrá la posibilidad de obtener el 100% de la calificación mediante la realización de una prueba y/o trabajo.

En las convocatorias extraordinarias se utilizará la evaluación única final. La evaluación única final se realizará en un solo acto académico. Dicha prueba (evaluada de 0 a 10) incluirá pruebas tanto de tipo teórico como práctico relacionada con los contenidos de la asignatura.

## EVALUACIÓN ÚNICA FINAL

El artículo 8 de la Normativa de Evaluación y Calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada establece que podrán acogerse a la evaluación única final, el estudiante que no pueda cumplir con el método de evaluación continua por causas justificadas.

Para acogerse a la evaluación única final, el estudiante, en las dos primeras semanas de impartición de la asignatura o en las dos semanas siguientes a su matriculación si ésta se ha producido con posterioridad al inicio de las clases o por causa sobrevenidas. Lo solicitará, a través del procedimiento electrónico, a la Coordinación del Máster, quien dará traslado al profesorado correspondiente, alegando y acreditando las razones que le asisten para no poder seguir el sistema de evaluación continua.





La evaluación única final se realizará en un solo acto académico. Dicha prueba (evaluada de 0 a 10) incluirá pruebas tanto de tipo teórico como práctico relacionada con los contenidos de la asignatura.

