

24-25

MÁSTER UNIVERSITARIO EN FÍSICA DE  
SISTEMAS COMPLEJOS

# GUÍA DE ESTUDIO PÚBLICA



## REDES NEURONALES Y COMPLEJAS

CÓDIGO 2115612-

UNED

24-25

REDES NEURONALES Y COMPLEJAS  
CÓDIGO 2115612-

# ÍNDICE

PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN  
REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR ESTA ASIGNATURA  
EQUIPO DOCENTE  
HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE  
COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE  
RESULTADOS DE APRENDIZAJE  
CONTENIDOS  
METODOLOGÍA  
SISTEMA DE EVALUACIÓN  
BIBLIOGRAFÍA BÁSICA  
BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA  
RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA  
IGUALDAD DE GÉNERO

Nombre de la asignatura	REDES NEURONALES Y COMPLEJAS
Código	2115612-
Curso académico	2024/2025
Título en que se imparte	<b>MÁSTER UNIVERSITARIO EN FÍSICA DE SISTEMAS COMPLEJOS</b> MÁSTER UNIVERSITARIO EN FÍSICA AVANZADA
Tipo	CONTENIDOS
Nº ETCS	6
Horas	150
Periodo	SEMESTRE 2
Idiomas en que se imparte	CASTELLANO

## PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN

Es una asignatura muy moderna basándose a los recientes avances del campo de la física estadística avanzada de los sistemas desordenados, de la neurociencia, de la ecología, de la economía o de la sociología.

El objetivo de la asignatura es familiarizar a los estudiantes de las bases teóricas de las redes neuronales y complejas y cómo se pueden aplicar a problemas reales de muy amplio espectro. En realidad, la pandemia del COVID-19 ha acelerado el proceso del desarrollo de la Inteligencia Artificial (IA), donde las redes neuronales y complejas juegan el papel principal. Su uso en reconocimiento de patrones (imágenes, voz, texto, estructuras) tiene una amplia aplicación en la medicina, la economía, el medio ambiente y en todos los sectores de la vida cotidiana.

**Es una asignatura teórico-práctica que requiere la elaboración y utilización de programas para la realización de simulaciones numéricas, pero aparte tiene una importante base teórica, necesaria para entender los fenómenos. Para entender satisfactoriamente la parte teórica se necesitan buenos conocimientos de mecánica estadística, teoría de probabilidad y de desarrollos perturbativos.**

La asignatura se está basando en el entendimiento de las Redes neuronales de tipo atractor y de tipo de procesamiento hacia adelante (feedforward), el procesamiento de información, las reglas de aprendizajes y la generalización, nociones básicas para el avance de la IA. Por otra parte, se necesita el entendimiento de cómo funcionan estos sistemas sobre una topología más compleja y real como grafos aleatorios, redes de escala libre (scale free) y de escala acotada (small world).

Las líneas principales de contextualización, son las siguientes:

- Redes neuronales reales, nociones biofísicas, modelo de Hodgkin y Huxley y sus variantes.
- Redes neuronales atractoras, Modelo de Hopfield, casos con número de patrones finito e infinito, redes no lineales y/o diluidas.
- Redes feedforward, aprendizaje supervisado y no supervisado, perceptrón, aprendizaje y generalización, Back-propagation, Deep learning, aplicaciones.
- Redes de escala libre y acotada, Redes complejas y modelos asociados (Erdős-Rényi, Watts-Strogatz, Albert-Barabási), características de las redes complejas (coeficiente de clustering, diámetro y espectro de la red, etc.),

La ACTIVIDAD FORMATIVA de la asignatura es la siguiente:

Estudio del material básico y complementario. Ejercicios prácticos - horas 50, presencialidad

0

Búsqueda autónoma y selección de bibliografía específica relacionada con los contenidos de la asignatura - horas 10, presencialidad 0

Participación en foros y comunicaciones con equipo docente y otros estudiantes, horas 10, presencialidad 0

Realización de tareas evaluables, horas 80, presencialidad 0

## REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR ESTA ASIGNATURA

Tener una buena preparación en mecánica estadística, desarrollos perturbativos, teoría de probabilidad, programación científica y buen conocimiento de métodos numéricos.

Se necesita buen conocimiento de inglés.

## EQUIPO DOCENTE

Nombre y Apellidos

Correo Electrónico

Teléfono

Facultad

Departamento

ELKA RADOSLAVOVA KOROUTCHEVA (Coordinador de asignatura)

elka@fisfun.uned.es

91398-7143

FACULTAD DE CIENCIAS

FÍSICA FUNDAMENTAL

## HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE

Se realizará de forma presencial en el día de la consulta o previa cita telefónica, a través de la plataforma o por otras vías de comunicación.

Profesora Elka Radoslavova

e-mail: elka@fisfun.uned.es

Teléfono: 91 398 7143

Horario: Miércoles, de 11 a 14h y de 15 a 17h

Mediateca (Edificio de la Biblioteca Central), UNED.

## COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE

### COMPETENCIAS

CM2 Adquirir los conocimientos necesarios en Física Avanzada para incorporarse a un grupo de investigación o a empresas .

CM3 Adquirir la capacidad para abordar y resolver un problema avanzado en la física teórica, computacional o de fluidos, mediante la elección adecuada del contexto teórico, la identificación de los conceptos relevantes y el uso de las técnicas matemáticas que constituyen la mejor aproximación para así llegar a la solución.

CM4 Analizar una situación compleja extrayendo cuales son las cantidades físicas

relevantes y ser capaz de reducirla a un modelo parametrizado.

CM5 Analizar problemas nuevos en sistemas poco conocidos y determinar similitudes y diferencias con modelos de referencia.

CM6 Analizar críticamente resultados experimentales, analíticos y numéricos en el campo de la física avanzada.

## RESULTADOS DE APRENDIZAJE

### CONOCIMIENTOS O CONTENIDOS

CN1 Comprender conceptos avanzados de Física y demostrar, en un contexto de investigación científica altamente especializada, una relación detallada y fundamentada entre los aspectos teóricos y prácticos y la metodología empleada en este campo.

CN2 Conocer y comprender los elementos más relevantes de la física teórica, computacional y de fluidos actual. Profundizar en la comprensión de las teorías que se encuentran en la frontera de estos temas, incluyendo su estructura matemática, su confrontación con resultados experimentales, y la descripción de los fenómenos físicos que dichas teorías explican.

CN3 Conocer los sistemas operativos y lenguajes de programación y herramientas de computación relevantes en el campo de la física avanzada.

CN4 Comprender las propiedades cualitativas de las soluciones a las ecuaciones de la física (sus tipos, estabilidad, singularidades, etc.) y su dependencia de los parámetros que definen un sistema físico.

### HABILIDADES O DESTREZAS

H1 Elaborar un trabajo escrito con datos bibliográficos, teóricos y/o experimentales, escribiendo un resumen o articulado en extenso (tal y como se realizan los artículos científicos), formulando hipótesis razonables, composiciones originales y conclusiones motivadas.

H2 Comunicar con claridad y rigor los resultados de un trabajo de investigación de forma oral o escrita.

H3 Utilizar bibliografía y fuentes de información especializada, propias del ámbito de conocimiento de la física, manejando las principales bases de datos de recursos científicos.

H4 Saber trabajar en equipo y comunicarse con la comunidad académica en su conjunto y con la sociedad en general acerca de la Física Avanzada, tanto en sus implicaciones académicas, productivas o sociales.

H5 Modelizar sistemas de alto grado de complejidad. Identificar variables y parámetros relevantes y realizar aproximaciones que simplifiquen el problema. Construir modelos físicos que describan y expliquen situaciones en ámbitos diversos.

H7 Resolver problemas algebraicos, de resolución de ecuaciones y de optimización mediante métodos numéricos.

H8 Modelar y simular fenómenos físicos complejos por ordenador.

### COMPETENCIAS

CM2 Adquirir los conocimientos necesarios en Física Avanzada para incorporarse a un grupo de investigación o a empresas .

CM3 Adquirir la capacidad para abordar y resolver un problema avanzado en la física teórica, computacional o de fluidos, mediante la elección adecuada del contexto teórico, la identificación de los conceptos relevantes y el uso de las técnicas matemáticas que constituyen la mejor aproximación para así llegar a la solución.

CM4 Analizar una situación compleja extrayendo cuales son las cantidades físicas relevantes y ser capaz de reducirla a un modelo parametrizado.

CM5 Analizar problemas nuevos en sistemas poco conocidos y determinar similitudes y diferencias con modelos de referencia.

CM6 Analizar críticamente resultados experimentales, analíticos y numéricos en el campo de la física avanzada.

## CONTENIDOS

### Tema 1. Conceptos básicos de los procesos biológicos en una red neuronal.

Este tema ofrece los conceptos biológicos para la futura modelización matemática y físico-estadística de los procesos relacionados con el reconocimiento, el aprendizaje y la generalización en las redes neuronales y en cerebro en concreto.

### Tema 2. Redes neuronales atractoras: diagrama de fase y capacidad crítica de almacenamiento.

Partiendo del modelo sencillo de Hopfield (el análogo al modelo de Ising para las redes neuronales), se introduce la dinámica propia que conlleva a los estados de reconocimiento de patrones previamente presentados y a las propiedades de las redes atractoras, descritas por distintos diagramas de fase con su respectiva estabilidad.

### Tema 3. Redes neuronales de procesamiento hacia adelante (feedforward).

Las redes feedforward, que se introducen en esta parte de la asignatura, son los pilares de la aplicación a casi todos los ámbitos de la vida cotidiana. Por eso, el entendimiento de las estructuras, de las dinámicas de aprendizaje, del modo del procesamiento de información y muchos aspectos más son esenciales para la asignatura.

### Temas 4 y 5. Técnicas de aprendizaje. Procesado de información

En esta parte de la asignatura se hace una amplia presentación de los dos tipos de aprendizaje supervisado (con un profesor) y no supervisado (sin profesor), basándose en encontrar las características principales en la señal que se presenta a la red para

extraerlas y utilizarlas satisfactoriamente. Además se hace una breve introducción a la bases teóricas y aplicadas del procesado de información.

#### Tema 6. Aplicaciones de las redes neuronales.

Las técnicas, presentadas en las partes anteriores, se está usando para aplicarlas a problemas reales como, por ejemplo. el reconocimiento de patrones (voz, letras, imágenes) en redes neuronales o de tipo Deep Learning.

#### Tema 7 y 8. Teoría de grafos aleatorios. Redes de escala libre y acotada

En este segundo bloque se presentarán todas las características más importantes de las redes complejas, así como las herramientas que se usan para su análisis y su aplicación. Una parte se dedica a la aplicación práctica de estos conocimientos.

## METODOLOGÍA

La metodología es a distancia, con tutorías virtuales a cargo de los equipos docentes del Máster, a través de herramientas didácticas de enseñanza virtual. Para ello se utilizará la plataforma virtual de la UNED, que ya ha probado su eficacia en la práctica. De este modo se crea un aula virtual que tendrá por objeto realizar la evaluación continua del estudiante, en la que tendrá acceso al material didáctico, a bibliotecas virtuales y foros, enviará los trabajos y se comunicará con los profesores. La modalidad virtual de aprendizaje es una forma de aprendizaje flexible que se adapta a la disponibilidad de cada estudiante, permitiendo compaginar estudios con trabajo o cualquier otra actividad.

La docencia se impartirá a través de un curso virtual dentro de la plataforma educativa de la UNED. Dentro del curso virtual el alumnado dispondrá de:

- **Página de bienvenida**, donde se indica el concepto general de la asignatura y se presenta el equipo docente.
- **Materiales:**
  - a) Guía del curso, donde se establecen los objetivos concretos y los puntos de interés.
  - b) Programa, donde se especifica la división del contenido por capítulos.
  - c) Procedimiento, donde se sugieren al alumno las tareas que debe realizar.
  - d) Recursos, donde se proporciona el material necesario para el estudio.
- **Actividades y trabajos:**
  - a) Participación en los foros de debate.
  - b) Elaboración de trabajos individuales.
- **Comunicación:**
  - a) Correo, para comunicaciones individuales.
  - b) Foros de Debate, donde se intercambian conocimientos y se resuelven dudas de tipo académico.

## SISTEMA DE EVALUACIÓN

### TIPO DE PRUEBA PRESENCIAL

Tipo de examen No hay prueba presencial

### CARACTERÍSTICAS DE LA PRUEBA PRESENCIAL Y/O LOS TRABAJOS

Requiere Presencialidad No

#### Descripción

A lo largo del cuatrimestre los alumnos tienen que presentar los trabajos correspondientes a los distintos temas.

**Los alumnos que por algunos motivos no han podido entregar en junio, pueden hacerlo en septiembre, entregando los mismos ejercicios.**

**No hay actividades de autoevaluación.**

#### Criterios de evaluación

Se evaluará la calidad de los trabajos entregados y la capacidad de los alumnos para presentar los resultados de manera clara y correcta.

Ponderación de la prueba presencial y/o los trabajos en la nota final

Fecha aproximada de entrega Mediados de junio

Comentarios y observaciones

### PRUEBAS DE EVALUACIÓN CONTINUA (PEC)

¿Hay PEC? No

#### Descripción

#### Criterios de evaluación

Ponderación de la PEC en la nota final

Fecha aproximada de entrega

Comentarios y observaciones

### OTRAS ACTIVIDADES EVALUABLES

¿Hay otra/s actividad/es evaluable/s? No

#### Descripción

#### Criterios de evaluación

Ponderación en la nota final

Fecha aproximada de entrega

Comentarios y observaciones

### ¿CÓMO SE OBTIENE LA NOTA FINAL?

90% de la nota final se dará a los trabajos realizados.

**10% serán destinados a la participación en los foros.**



## BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

Comentarios y anexos:

- B. Müller, J. Reinhardt and M. Strickland, Neural Networks: An Introduction, (Springer 1995).
- D. Amit, Modelling Brain Functions, (Cambridge, 1989).
- J. Hertz, A. Krogh and R. Palmer, Introduction to the Theory of Neural Computation, (Addison-Wesley, 1991).
- H. Nishimori, Statistical Physics of Spin Glasses and Information Processing: An Introduction (International Series of Monographs on Physics), (Oxford, 2001).
- R. Albert and A.L. Barabasi, Statistical mechanics of complex networks, Reviews of Modern Physics, Vol. 74, No. 1. (2002).
- R. Pastor-Satorras, M. Rubi and A. Diaz-Guilera (Eds.), Statistical Mechanics of Complex Networks, (Springer, Series: Lecture Notes in Physics , Vol. 625, 2003).

## BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

ISBN(13): 9780198524328

Título: NEURAL NETWORKS AND BRAIN FUNCTION

Autor/es: Treves, Alessandro

Editorial: UNIVERSITY PRESS.

ISBN(13): 9780262035613

Título: DEEP LEARNING

Autor/es: Ian Goodfellow; Aaron Courville; Yoshua Bengio

Editorial: THE MIT PRESS

## RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA

Material elaborado por la Profesora de la asignatura, publicaciones recomendadas y otras presentaciones científicas existentes en la web.

## IGUALDAD DE GÉNERO

En coherencia con el valor asumido de la igualdad de género, todas las denominaciones que en esta Guía hacen referencia a órganos de gobierno unipersonales, de representación, o miembros de la comunidad universitaria y se efectúan en género masculino, cuando no se hayan sustituido por términos genéricos, se entenderán hechas indistintamente en género femenino o masculino, según el sexo del titular que los desempeñe.