21-22

MÁSTER UNIVERSITARIO EN FÍSICA AVANZADA

# GUÍA DE ESTUDIO PÚBLICA



# REDES NEURONALES Y COMPLEJAS

**CÓDIGO 2115612-**

UNED

21-22

**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

| | |
|---|---|
| Nombre de la asignatura | REDES NEURONALES Y COMPLEJAS |
| Código | 2115612- |
| Curso académico | 2021/2022 |
| Título en que se imparte | MÁSTER UNIVERSITARIO EN FÍSICA AVANZADA |
| Tipo | CONTENIDOS |
| Nº ETCS | 6 |
| Horas | 150.0 |
| 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 sde la sociología.
El objetivo de la asignatura es familiarizar a los estudiantes de las bases teóricas de la redes neuronales y complejas y cómo se pueden aplicar a problemas reales de muy amplio espectro. En realidad, la pandemia del COVID-19 ha accelerado el proceso del desarrollo de la Inteligancia Artificial (IA), donde las redes neuronales y complejas juegan el papel principal. Su uso en reconocimiento de patrones (imagenes, voz, texto, estructuras) tiene una amplia aplicación en la medicina, la econimía, el medio ambiente y en todos los sectores de la vida cuotidiana.
La asignatura se está basando en el entendimiento de las Redes neuronales de tipo atractor y de tipo de procesado hacia adelante (feedforward), el procesado 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 pricipales 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 nolineares y/o diluidas, dinámica, aplicaciones.
- Redes feedforward, aprendizaje supervisado y nosupervisado, perceptron, aprendizaje y generalizacion, Back-propagation, on-line learning, aplicaciones.
- Redes de escala libre y acotada, Redes complejas y modelos asociados (Erdoes-Renyi, Watts-Strogatz, Albert-Barabasi), características de las redes complejas (coeficiente de clustering, diámetro y espectro de la red, etc.), Modelización en el contexto de COVID-19.
Todas estas líneas están en estrecha relación con la asignatura de Mecánica Estadística del Grado, de Mecánica Estadística Avanzada del Master o con las asignaturas de Modelización y las Matemáticas avanzadas.
La ACTIVIDAD FORMATIVA de la asignatura es la siguiente:
Estudio del material básico y complementario. Ejercicios prácticos - horas 60, 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 20, presencialidad 0
Realización de tareas evaluables, horas 60, 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. Sería aconsejable haber cursado previamente la asignatura de Mecánica Estadística Avanzada.

## EQUIPO DOCENTE


| | |
|---|---|
| Nombre y Apellidos | ELKA RADOSLAVOVA KOROUTCHEVA (Coordinador de asignatura) |
| Correo Electrónico | elka@fisfun.uned.es |
| Teléfono | 91398-7143 |
| Facultad | FACULTAD DE CIENCIAS |
| Departamento | 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 15 a 19
Mediateca (Edificio de la Biblioteca Central), UNED.

## COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE

**COMPETENCIAS BÁSICAS**
CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el 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 auto dirigido o autónomo.

**COMPETENCIAS GENERALES**

CG01 - Adquirir capacidad de análisis y síntesis.

CG02 - Adquirir capacidad de organización y planificación.

CG03 - Adquirir conocimientos de informática relativos al ámbito de estudio

CG04 - Adquirir capacidad de gestión de información

CG05 - Adquirir capacidad para resolución de problemas

CG07 - Ser capaz de trabajar en equipo

CG08 - Adquirir razonamiento crítico

CG10 - Adquirir capacidad de aprendizaje autónomo

CG11 - Adquirir capacidad de adaptación a nuevas situaciones

CG15 - Capacidad de lectura crítica de artículos científicos o documentación técnica de alto nivel.

CG16 - Ser capaz de comunicar con claridad y rigor los resultados de un trabajo de investigación de forma tanto oral como escrita.

**COMPETENCIAS ESPECÍFICAS**

CE01 - Saber utilizar y relacionar los diferentes tipos de descripción (microscópica, mesoscópica y macroscópica) de los fenómenos físicos

CE02 - 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

CE04 - Comprender y saber relacionar matemáticamente las propiedades macroscópicas de un sistema con las interacciones y la geometría de los elementos microscópicos del mismo

CE05 - Capacidad de análisis de problemas nuevos en sistemas poco conocidos y determinar similitudes y diferencias con modelos de referencia

CE08 - Capacidad de realizar análisis críticos de resultados experimentales, analíticos y numéricos

CE09 - Capacidad de búsqueda de bibliografía y fuentes de información especializadas. Manejo de las principales bases de datos de bibliografía científica y de patentes

CE10 - Conocimiento avanzado del estado actual y la evolución de un campo de investigación concreto

## RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Objetivo general: proporcionar al alumnado un conocimiento básico de las propiedades fundamentales y de los métodos propios de los procesos relacionados con las redes neuronales desde el punto de vista de memorización, aprendizaje y generalización, así como un conocimiento de la complejidad de las redes de topología general.

Objetivos concretos:
· Comprender las propiedades y características de las redes neuronales de tipo atractor y de tipo de procesado hacia adelante (feedforward).
· Entender la aplicación de la teoría de campo medio, en el caso de una red neuronal, vista como un sistema desordenado.
· Usar una herramienta adecuada para la descripción del diagrama de fase en el caso de redes atractoras.
· Familiarizarse con algunos mecanismos de aprendizaje.
· Entender el procesado de información en las redes neuronales de tipo feedforward.
· Entender la aplicación de las redes neuronales en distintas tareas cuotidianas.
· Entender el papel de la topología de la red sobre las propiedades de las redes en general.
· Entender el significado de las distintas características de la red compleja.
· Entender la aplicación de la redes complejas en problemas concretos.

Destrezas:
· Capacidad para calcular el diagrama de fase correspondiente a una red neuronal atractora.
· Manejo de las distintas técnicas de aprendizaje.
· Habilidad para realizar cálculos de procesado de información para distintas topología de la red neuronal.
· Habilidad para calcular características de una red compleja en general.
· Manejo de las técnicas matemáticas necesarias para describir el efecto de la topología sobre las propiedades de las redes complejas.
OMPETENCIAS
BÁSICAS Y GENERALES
CG1 - Adquirir conocimientos avanzados en Física y demostrar, en un contexto de investigación científica altamente especializada, una comprensión detallada y fundamentada de los aspectos teóricos y prácticos y de la metodología empleada en este campo.
CG2 - 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.
CG3 - Comunicar con claridad y rigor los resultados de un trabajo de investigación de forma oral o escrita.
CG4 - Localizar y analizar la bibliografía científica y especializada pertinente con el objeto de elaborar trabajos de investigación y desarrollar proyectos técnicos.
CG5 - Poseer la capacidad para el desarrollo de una aptitud crítica ante el aprendizaje que le

lleve a plantearse nuevos problemas desde perspectivas no convencionales.
CG6 - 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.
CG7 - Adquirir los conocimientos necesarios en Física Avanzada para incorporarse a un grupo de investigación o a empresas.
CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el 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
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.

ESPECÍFICAS
CE1 - 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.
CE2 - 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.
CE3 - 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.
CE4 - Localizar bibliografía y fuentes de información especializadas, manejando las principales bases de datos de bibliografía científica y de patentes.
CE5 - Analizar una situación compleja extrayendo cuales son las cantidades físicas relevantes y ser capaz de reducirla a un modelo parametrizado.
CE6 - Resolver problemas algebraicos, de resolución de ecuaciones y de optimización mediante métodos numéricos.
CE7 - Conocer los sistemas operativos y lenguajes de programación y herramientas de computación relevantes en el campo de la física avanzada.
CE8 - Modelar y simular fenómenos físicos complejos por ordenador.
CE9 - Comprender y relacionar los diferentes tipos de descripción (microscópica, mesoscópica y macroscópica) de los fenómenos físicos.
CE10 - 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.
CE11 - Analizar problemas nuevos en sistemas poco conocidos y determinar similitudes y diferencias con modelos de referencia.
CE12 - Analizar críticamente resultados experimentales, analíticos y numéricos en el campo de la física avanzada.
CE15 - Adquirir una formación avanzada orientada a la especialización investigadora y académica que le permitirá acceder al doctorado.

## CONTENIDOS

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

Este tema ofrece lo 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 neuronaes), 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 distintas diagramas de fase con su respectiva estabilidad.

### Tema 3. Redes neuronales de procesado 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 cuotidiana. Por éso, el entendimiento de las estructuras, de las dinámicas de aprendizaje, del modo del procesado de información y muchos aspectos más son esenciales para la asignatura.

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

En esta partr de la asignatura se hace una amplia presentación de los dos tipos de aprendizaje supervisado (con una red profesor) y no supervizado (sin profesor), basándose en encontrar las caracterísiticas pricipales 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. Teoria de grafos aleatorios. Redes de escala libre y acotada

En este segundo bloque se presentarán todas las carácterísticas 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 alumos 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: 15.06.2022

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.