

## **67221 - Redes neuronales: realización electrónica y aplicaciones**

**Guía docente para el curso 2011 - 2012**

**Curso: 1, Semestre: 1, Créditos: 4.0**

---

### **Información básica**

---

#### **Profesores**

- **Julio David Buldain Pérez** [buldain@unizar.es](mailto:buldain@unizar.es)
- **Bonifacio Martín Del Brío** [bmb@unizar.es](mailto:bmb@unizar.es)

#### **Recomendaciones para cursar esta asignatura**

Teniendo en cuenta las titulaciones que dan acceso al master, no es necesario ningún conocimiento previo adicional al adquirido en las titulaciones de grado para cursar esta materia. Se necesita manejo básico de MATLAB.

Se recomienda haber cursado o estar cursando la asignatura obligatoria “**Sistemas Electrónicos Avanzados**”.

#### **Actividades y fechas clave de la asignatura**

- **Período de clases:** primer cuatrimestre (otoño).
- **Clases teoría y problemas-casos:** lunes de 15 a 17h (curso 2009-10).
- **Sesiones prácticas:** 5 sesiones de 2 horas. Tendrán lugar los lunes de semana B a las 18:00 en los laboratorios del Depto. de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones (planta 4, edificio Ada Byron).
- **Entrega de trabajos:** para aprobar en la 1<sup>a</sup> convocatoria se pueden presentar propuestas de trabajos hasta el 1 de diciembre y hasta el 7 de enero para entrega definitiva de las memorias. Los trabajos se exponen en el aula en las últimas clases del curso (enero). 2<sup>a</sup> convocatoria oficial (septiembre): se deben entregar los trabajos antes del 7 de septiembre (absolutamente improrrogable).
- **Examen:** habrá un examen de 1<sup>a</sup> convocatoria en enero y otro de 2<sup>a</sup> convocatoria en septiembre, en las fechas concretas que indique el centro.

---

### **Inicio**

---

#### **Resultados de aprendizaje que definen la asignatura**

**El estudiante, para superar esta asignatura, deberá demostrar los siguientes resultados...**

**1:**

Ha adquirido conocimientos sobre redes neuronales artificiales (RNA) y otras técnicas de reconocimiento de patrones.

**2:**

Posee capacidad de aplicar RNA a problemas típicos de la ingeniería, especialmente dentro del campo de la inteligencia ambiental.

**3:**

Es capaz de enfrentarse a proyectos multidisciplinares reales: capacidad de separar en bloques y selección de la técnica idónea.

**4:**

Es capaz de seleccionar la tecnología de implementación más adecuada en cada caso: circuito electrónico, tarjeta, programa.

**5:**

Posee capacidad de proseguir el aprendizaje de forma continuada y autónoma.

## Introducción

### Breve presentación de la asignatura

“Redes Neuronales: Realización Electrónica y Aplicaciones” es una asignatura optativa integrada en el Bloque Temático 2 “Electrónica para ambientes inteligentes”. Sus 4 créditos ECTS equivalen a 100h totales de trabajo, correspondientes a 30h en aula (2h semanales durante el 1er cuatrimestre), 10h de laboratorio y 60h de trabajo del alumno (elaboración de trabajos, estudio personal...).

Esta asignatura aborda todos los aspectos relacionados con las redes neuronales artificiales (RNA) que, como su nombre indica, están inspiradas en el sistema nervioso animal. Partiendo de una descripción básica del comportamiento de las neuronas biológicas, se plantean modelos simples de neuronas artificiales cuya composición en arquitecturas jerárquicas (múltiples capas de neuronas) dan lugar a redes complejas con interesantes capacidades computacionales paralelas a las de los sistemas naturales a los que imitan (aprendizaje, generalización y abstracción), propias de sistemas con cierto grado de inteligencia y adaptabilidad. Mediante métodos de aprendizaje a partir de ejemplos, las RNA permiten modelar funciones no lineales y realizar reconocimiento de patrones con el objetivo de dotar de inteligencia a sistemas y equipos. En la asignatura se presentan los fundamentos de este campo, haciéndose un énfasis especial en su aplicación en ingeniería y su realización electrónica.

## BIBLIOGRAFIA, MATERIALES Y RECURSOS

---

## Contexto y competencias

---

### Sentido, contexto, relevancia y objetivos generales de la asignatura

#### La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:

El objetivo fundamental de la asignatura **“Redes neuronales: realización electrónica y aplicaciones”** es formar al alumno en el campo de las redes neuronales con especial énfasis en su aplicación en la ambientes inteligentes y su realización de carácter electrónico.

En primer lugar se exponen los diversos mecanismos de aprendizaje y modelado. Posteriormente, se aborda la implementación electrónica tanto analógica como digital y se muestran numerosos ejemplos de aplicación práctica. El objetivo último es dotar al estudiante de unos fundamentos que le permitan aplicar estas herramientas en entornos inteligentes y dotar de inteligencia a determinados productos electrónicos.

Contenidos:

1. Introducción a las redes neuronales y sistemas bioinspirados.

2. Fundamentos de redes neuronales artificiales (RNA).
3. Aprendizaje no supervisado: modelos competitivos y mapas autoorganizados.
4. Aprendizaje supervisado: Adaline, perceptrón simple y multicapa.
5. Modelos kernel (RBF, PNN, LVQ, SVM) y temporales.
6. Desarrollo de aplicaciones con RNA. Casos reales.
7. Realización electrónica: implementaciones analógicas y sistemas neuromorfos.
8. Realización digital de RNA.

## **Contexto y sentido de la asignatura en la titulación**

Las redes neuronales artificiales son un conjunto de técnicas de procesamiento de información que permiten dotar de inteligencia a sistemas y equipos. Se trata de una asignatura instrumental que da servicio al resto de asignaturas del bloque “Electrónica para ambientes inteligentes”, siendo aplicables también en disciplinas relacionadas con el bloque de “Electrónica para sistemas de potencia”. A modo de ejemplo, los profesores de la asignatura han aplicado redes neuronales artificiales al procesamiento inteligente de sensores, reconocimiento de comandos hablados, procesamiento de imágenes en entornos inteligentes, seguimiento y evaluación de actividades de personas en un determinado recinto, control inteligente del motor de una lavadora, etc. Son ejemplos de sistemas inteligentes programados en unos casos en un computador, implementados en otras ocasiones en microcontroladores o circuitos integrados específicos.

## **Al superar la asignatura, el estudiante será más competente para...**

### **1: COMPETENCIAS GENERALES**

- Capacidad para ampliar y mejorar los conocimientos asociados a su título de grado, aportando bases para ser originales en el desarrollo y aplicación de ideas.
- Capacidad para redactar proyectos y documentación técnica y de presentarla con ayuda del software y las herramientas informáticas adecuadas.
- Capacidad para adaptarse a la rápida evolución de las tecnologías electrónicas y de localizar información empleando los medios telemáticos.
- Capacidad para comunicar las conclusiones, y los conocimientos y razones últimas que las sustentan, a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.
- Capacidad de aprender de forma continuada, autodirigida y autónoma, y desarrollar nuevos conocimientos y técnicas especializadas, adecuadas para la investigación y el desarrollo sobre todo de sistemas electrónicos.

### **2: COMPETENCIAS ESPECÍFICAS**

- Capacidad para especificar, analizar y diseñar sistemas electrónicos complejos analógicos, digitales y de potencia, empleados en tecnologías industriales y de telecomunicación.
- Capacidad de aplicar redes neuronales artificiales a problemas en entornos inteligentes y de seleccionar la tecnología de implementación electrónica más adecuada en cada caso.

## **Importancia de los resultados de aprendizaje que se obtienen en la asignatura:**

Ante la demanda creciente de entornos inteligentes propia de la actual sociedad de la información, técnicas de procesamiento de información como las redes neuronales artificiales son importantes herramientas en el campo de la ingeniería en general, y en el campo de los ambientes inteligentes en particular.

Por un lado, son herramientas que permiten mediante su programación en un computador procesar imágenes o grandes bases de datos, para realizar seguimiento de actividades, extraer información relevante, etc., gracias a su capacidad de aprendizaje y reconocimiento de patrones a partir de ejemplos. Por lo tanto, en este sentido pueden enmarcarse en la capa superior del entorno inteligente.

Por otro lado, y a diferencia de otras herramientas comúnmente encuadradas en la “inteligencia artificial”, las redes neuronales artificiales pueden implementarse en circuitos integrados específicos, permitiendo explotar su capacidad de procesamiento paralelo de información que facilita la respuesta en tiempo real, o pueden programarse en microcontroladores, DSPs y circuitos comerciales programables como FPGAs. En todas estas implementaciones hardware, permiten introducir inteligencia “empotrada” o embebida en equipos electrónicos, electrodomésticos, etc., dotándoles de nuevas funcionalidades de gran valor añadido, como por ejemplo, la adaptación de un equipo electrónico o electrodoméstico a las particularidades de cada usuario, aprendiendo automáticamente sus costumbres, usos, etc. En definitiva, estos sistemas pueden enmarcarse tanto en los niveles superiores del entorno inteligente, como en los niveles inferiores, facilitando la implementación de sistemas de preproceso de datos, adaptación de señal y comunicación.

---

## Evaluación

---

### Actividades de evaluación

**El estudiante deberá demostrar que ha alcanzado los resultados de aprendizaje previstos mediante las siguientes actividades de evaluación**

**1: Calificación del Examen (25%)**

Examen tipo test (con penalización por fallos). Habrá un examen en cada convocatoria oficial

La calificación de esta actividad será de 0 a 10 puntos y supondrá un 25% de la calificación global del estudiante.

**2: Calificación de las Prácticas (25%)**

Las prácticas de laboratorio desarrolladas en el entorno MATLAB se valorarán en la propia sesión de laboratorio teniendo en cuenta:

- o Asistencia al 100% de las sesiones prácticas
- o Trabajo desarrollado en las sesiones de prácticas (calificado en la propia sesión).

La calificación de esta actividad será de 0 a 10 puntos y supondrá un 25% de la calificación global del estudiante.

**2: Calificación de los Trabajos (50%)**

- Se realizarán preferiblemente en grupos de dos estudiantes (aunque pueden hacerse de forma individual) en alguna de las 2 modalidades siguientes:

**Tipo A (simulación).** Consiste en la aplicación de RNA a algún problema concreto, utilizando el entorno de desarrollo de MATLAB. En general la temática la propondrá el propio alumno.

**Tipo B (documentación).** Consiste en la búsqueda de referencias (artículos, páginas web, etc.) sobre la aplicación de RNA a algún problema de interés, con elaboración de un informe completo. Se recomienda la realización de trabajos sobre implementaciones hardware recientes.

- Para aprobar en 1<sup>a</sup> convocatoria se pueden presentar propuestas de trabajos hasta el 1 de diciembre; la memoria definitiva hay que entregarla antes del 7 de enero.
- Los trabajos se exponen en el aula en las últimas sesiones de clase (enero).
- Para la 2<sup>a</sup> convocatoria se deben entregar los trabajos antes del 7 de septiembre (absolutamente improrrogable) [En la 2<sup>a</sup> convocatoria oficial no se harán exposiciones, por lo que esa parte de la nota no se podrá obtener].

La calificación global de esta actividad será de 0 a 10 puntos, valorándose los siguientes conceptos: dificultad, desarrollo y resultados (hasta 4 puntos), resultados de las simulaciones (hasta 2 puntos), calidad de la memoria (hasta 2 puntos), exposición oral y defensa (hasta 2 puntos). Todo ello supondrá un 50% de la calificación del estudiante en la asignatura. Se remarca que en la 2º convocatoria oficial no se harán exposiciones, por lo que esa parte de la nota no se podrá obtener. Asimismo, en los trabajos Tipo B, la parte relativa a "resultados de simulación" tampoco se podrá obtener.

---

## Actividades y recursos

---

### Presentación metodológica general

#### **El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:**

Esta asignatura tiene una orientación aplicada, de modo que las diversas técnicas que se expondrán se ilustrarán con casos reales concretos. A pesar de que el contenido matemático y estadístico de estas técnicas es considerable, se tratará en todo momento de que los conceptos se asimilen y comprendan, llegando al detalle matemático solo hasta donde resulte imprescindible para la comprensión de los conceptos.

Las técnicas expuestas en las clases de teoría se aplicarán a problemas reales en las cinco sesiones prácticas de laboratorio desarrolladas en el entorno MATLAB. Las tres primeras sesiones prácticas muestran, mediante ejemplos de procesamiento de información (diseñados y reales), las potencialidades y problemas que presentan los modelos neuronales utilizados. Las dos últimas sesiones se centran en los aspectos relativos al desarrollo de aplicaciones basadas en redes neuronales artificiales, permitiendo al estudiante fijar los conceptos teóricos y asimilar la metodología de trabajo que se debe seguir en este campo.

Finalmente, el estudiante tendrá la oportunidad de tratar en mayor profundidad un caso práctico concreto en el trabajo de asignatura Tipo A, en el que desarrollará un caso real completo, o bien realizar un trabajo Tipo B analizando el estado del arte sobre la aplicación de estos sistemas en un campo concreto de interés relacionado con su trabajo profesional o de investigación.

### Actividades de aprendizaje programadas (Se incluye programa)

#### **El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos comprende las siguientes actividades...**

**1:**

**Clases teóricas.** Sesiones expositivas y explicativas de contenidos. Se presentaran los conceptos y técnicas fundamentales de las redes neuronales artificiales, ilustrándolos en todo momento con ejemplos reales. Se fomentará la participación del estudiante a través de preguntas y breves debates,

Tiempo total de dedicación: 30 horas presenciales.

**2:**

**Clases prácticas (laboratorio).** Conjunto de sesiones presenciales de laboratorio que han de servir al estudiante para conocer las potencialidades y problemas de cada modelo neuronal y sus diferentes metodologías de entrenamiento, así como asimilar la metodología de trabajo y el entorno de programación, de forma previa a la realización individual de su trabajo de asignatura. Algunos ejercicios opcionales de prácticas quedan abiertos para que el estudiante los complete en su casa.

Tiempo total de dedicación: 10 horas presenciales y 8 de trabajo personal (preparación).

**3:**

**Trabajos de asignatura.** Se realizarán preferiblemente en grupos de dos estudiantes (aunque pueden hacerse de forma individual) en alguna de las 2 modalidades expuestas. Se pretende que el estudiante afiance las competencias anteriormente expuestas (capacidad de resolución de problemas, adaptación a nuevas tecnologías, comunicación, etc.). Se valorará la dificultad del trabajo, desarrollo, resultados, calidad de la memoria y exposición y defensa oral.

Tiempo total de dedicación: 25h de trabajo personal (preparación).

4:

**Tutoría/evaluación.** Atención directa al estudiante, identificación de problemas de aprendizaje, orientación en la asignatura, atención a los trabajos...

Tiempo total de dedicación: contabilizadas ya en las actividades anteriores.

Finalmente, se completan las 100h (4 ECTS) con las correspondientes al examen de la asignatura (2h) y su preparación (25h distribuidas de manera uniforme).

## Planificación y calendario

### Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos

#### Sesiones de Teoría:

Semana 1. Presentación. Fundamentos de Redes Neuronales Artificiales (RNA)

Semana 2. Neurona biológica y modelo de neurona artificial. Arquitecturas.

Semana 3. Modelos competitivos: Mapas Autoorganizados (SOM)

Semanas 4-6. Modelos supervisados: Perceptrón, ADALINE y MLP

Semana 7. Modelos kernel (RBF, PNN, LVQ, SVM) y temporales

Semana 8. Desarrollo de aplicaciones con RNA (I) y propuestas de trabajos.

Semana 9. Implementación hardware de redes neuronales I

Semana 10. Implementación hardware de redes neuronales II

Semana 11. Implementación hardware de redes neuronales III

Semana 12 y 13. Desarrollo de aplicaciones con RNA (II)

Semana 14 y 15. Exposición oral de los trabajos

#### Sesiones de prácticas de laboratorio:

- 5 sesiones de 2h en semanas B; se comienza a partir de octubre. A título orientativo, en 2009-10 se realizaron en las siguientes fechas: lunes 19 de octubre, 9 de noviembre, 23 de noviembre, 21 de diciembre y 11 de enero.

Práctica 1: PREPROCESOS Y REDES COMPETITIVAS

Práctica 2: PERCEPTRÓN - Datos Binarios y Datos Reales

Práctica 3: REDES HÍBRIDAS

Práctica 4: EJEMPLO DE APLICACIÓN: CLASIFICACIÓN

Práctica 5: EJEMPLO DE APLICACIÓN: APROXIMACIÓN.

## Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada