

## Guía docente

# 230382 - AI2OT - Inteligencia Artificial y la Internet de las Cosas (Iot)

Última modificación: 11/04/2025

**Unidad responsable:** Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación de Barcelona

**Unidad que imparte:** 744 - ENTEL - Departamento de Ingeniería Telemática.

**Titulación:** MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN (Plan 2013). (Asignatura optativa).  
MÁSTER UNIVERSITARIO EN TECNOLOGÍAS AVANZADAS DE TELECOMUNICACIÓN (Plan 2019). (Asignatura optativa).  
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA (Plan 2022). (Asignatura optativa).

**Curso:** 2025

**Créditos ECTS:** 3.0

**Idiomas:** Inglés

## PROFESORADO

**Profesorado responsable:** JOSE PARADELLS ASPAS

**Otros:**

## CAPACIDADES PREVIAS

Conocimientos de inteligencia artificial, de microprocesadores y de sensórica

## REQUISITOS

No son necesarios requisitos específicos si el alumno tiene los conocimientos básicos en inteligencia artificial, microprocesadores y en sensores

## METODOLOGÍAS DOCENTES

El seminario combina la introducción de conceptos teóricos básicos con aspectos prácticos. El seminario utiliza una plataforma disponible gratuitamente (edgeimpulse.com) que permite construir un nodo IoT con procesamiento en el "endpoint". El curso seguirá todos los pasos desde la definición del problema a resolver hasta la validación de los resultados. Comenzará con la selección del dispositivo (nodo IoT), selección de sensores. Posteriormente seguirá la adquisición de datos y la extracción de características. En este punto ya podremos seleccionar la red neuronal. Con el conjunto de datos listo y la red definida, el entrenamiento se convierte en el siguiente paso. Una vez finalizado el entrenamiento realizaremos la validación y la optimización para garantizar que el modelo sea lo suficientemente pequeño como para ejecutarlo en un microprocesador. El paso final consistirá en la integración de la red neuronal en un nodo real y demostrar su funcionalidad. La idea es que cada alumno sea capaz de realizar todos los pasos utilizando un dispositivo proporcionado por la asignatura.

## OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

El estudiante al final del curso deberá ser capaz de entender los conceptos básicos relacionados con la creación de soluciones que hacen uso de inteligencia artificial y de poder desarrollar de forma autónoma soluciones. Aspectos como adquisición de datos, creación de datasets, extensión de los datos, etiquetado, extracción de características, modelo de red neuronal, entrenamiento, optimización y validación se presentarán y se usarán.

El uso de la inteligencia artificial en un dispositivo IoT permite ver todos los aspectos propios de la inteligencia artificial, pero a pequeña escala, con pocos requerimientos de cálculo y siendo consciente de las limitaciones en el hardware y de la necesidad de optimizaciones.

## HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTE

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas aprendizaje autónomo	51,0	68.00
Horas grupo grande	16,0	21.33
Horas grupo pequeño	8,0	10.67

**Dedicación total:** 75 h

## CONTENIDOS

### Introducción a la Inteligencia artificial (AI) i a la Internet de las cosas (IoT) y presentación de la plataforma de desarrollo

#### Descripción:

La Inteligencia artificial ha sido asociada a problemas complejos y la computación pesada ejecutada en la nube. La alimentación de datos también se ajusta a este modelo, en el sentido de que los sensores generan datos que tienen que ser transportados y almacenados en la nube. Actualmente se ha visto que no es necesario que el procesamiento se haga en la nube, se puede hacer cerca de la fuente (edge computing) o incluso en el propio sensor (endpoint computing). Este último enfoque reduce las necesidades de comunicación y la latencia y es factible hoy en día gracias a las mejoras de los microprocesadores y los modelos de inteligencia artificial.

Se hará una presentación de las plataformas de desarrollo y en concreto de la que usará en el curso (edgeimpulse.com)

#### Objetivos específicos:

Conocer el estado del arte de la inteligencia artificial para dispositivos de bajas prestaciones (microprocesadores)

#### Actividades vinculadas:

Presentación con diapositivas

#### Dedicación: 7h

Grupo grande/Teoría: 3h

Aprendizaje autónomo: 4h

### Ejemplos de uso de la Inteligencia Artificial en el dispositivo IoT.

#### Descripción:

En la actualidad se pueden encontrar ejemplos de uso de la inteligencia artificial en el IoT. Estos van desde el mantenimiento preventivo, usando vibraciones, detección de intrusiones, reconocimiento de comandos por voz o por gestos a la implementación de los sensores sintéticos. Estos últimos se basan en la captación de una información compleja como sonido o imagen y generar información más básica como un grifo mal cerrado o un contador de personas.

#### Objetivos específicos:

Conocer las aplicaciones de la inteligencia artificial en la Internet de las cosas

#### Actividades vinculadas:

Identificar posibles nuevos casos de uso que puedan ser implementados por el estudiante durante el seminario

#### Dedicación: 7h

Grupo grande/Teoría: 3h

Aprendizaje autónomo: 4h

### Adquisición de datos y actuación

**Descripción:**

Una red neuronal se puede ver como una caja negra que ante unas entradas (información de sensores) ofrece unos resultados que pueden ser mostrados al usuario con una pantalla o mediante acciones (actuaciones). Las informaciones de entrada pueden ser ofrecidas por multitud de diferentes tipos de sensores, desde tan simples como un detector de presencia (entrega 0s o 1s) a una cámara (secuencia de imágenes de  $N \times M$  pixels de diferentes colores). Los resultados pueden generar una actuación como encender una luz, cerrar una puerta, activar una alarma o dar una respuesta textual (display) o sonora (altavoz). En esta sesión del seminario nos dedicaremos a presentar los elementos de generación de datos (sensores) y elementos de actuación (actuadores).

**Objetivos específicos:**

Identificar los sensores y los actuadores que se pueden usar para implementar el proyecto ideado por el estudiante

**Actividades vinculadas:**

Análisis de los diferentes sensores y actuadores y los formatos de datos que manejan

**Dedicación:** 11h

Grupo grande/Teoría: 2h

Grupo pequeño/Laboratorio: 1h

Aprendizaje autónomo: 8h

### Extracción de características

**Descripción:**

Los datos que ofrecen los sensores pueden no tener el formato para ser tratados por una red neuronal. Para poder facilitar este proceso en algunos casos se procede a lo que se llama la extracción de características. Consiste en procesar los datos y destilar otros que sin perder información relevante para la toma de decisiones pueden ser procesados más fácilmente por los modelos de redes neuronales existentes. La extracción de características puede resultar muy relevante ya que en algunos casos exige una complejidad computacional mayor que la asociada con la necesaria para obtener una inferencia de la red neuronal. Un ejemplo típico son los datos basados en sonido.

**Objetivos específicos:**

identificar la transformación de los datos y su impacto en el coste computacional y la pérdida de precisión

**Actividades vinculadas:**

decidir si es necesario transformar los datos del proyecto y ver como se puede hacer

**Dedicación:** 7h

Grupo grande/Teoría: 1h

Grupo pequeño/Laboratorio: 2h

Aprendizaje autónomo: 4h

### Selección de la red neuronal a usar

**Descripción:**

Las redes neuronales pueden presentar diferentes niveles con diferentes relaciones entre niveles y diferentes operaciones en cada uno de los niveles. Pueden ser secuenciales o pueden tener realimentación. La combinación de los diferentes elementos permite tener soluciones que capten mejor la variabilidad de los datos de entrada o que precisen un menor número de operaciones y consumo de memoria. Es esta sesión se pretende revisar las diferentes capas y conexiones dando indicaciones sobre la bondad de ciertas combinaciones para tratar ciertos problemas.

**Objetivos específicos:**

Entender la red neuronal que se utilizará y las implicaciones de su modificación

**Actividades vinculadas:**

Analizar las posibles modificaciones de la red neuronal

**Dedicación:** 7h

Grupo grande/Teoría: 2h

Grupo pequeño/Laboratorio: 1h

Aprendizaje autónomo: 4h

### Entrenamiento, validación y optimización

**Descripción:**

Una red neuronal debe de ser entrenada para conseguir que pueda inferir conclusiones con nuevos datos que le podamos ofrecer. Este entrenamiento se puede asociar como un aprendizaje mediante experiencias. El entrenamiento se realiza como una minimización del error de una función compleja y se basa en unos datos en entrenamiento y unos de test o validación. El entrenamiento puede requerir más o menos iteraciones y puede tener diferentes formas de buscar el mínimo de la función de error.

Una vez se tiene una red entrenada se puede evaluar en que medida se degradan las prestaciones al simplificarla quitando enlaces entre niveles, quitando nodos o reduciendo la resolución de los valores que maneja la red.

**Objetivos específicos:**

Entender las opciones disponibles para el entrenamiento y las posibilidades de optimización

**Actividades vinculadas:**

Estudiar el efecto de las diferentes opciones de entrenamiento

**Dedicación:** 9h

Grupo grande/Teoría: 2h

Grupo pequeño/Laboratorio: 1h

Aprendizaje autónomo: 6h

### Instalación y uso de la solución desarrollada

**Descripción:**

La red neuronal diseñada se debe poder usar en un dispositivo IoT. Para ello debe de poder recibir datos de los sensores del dispositivo y debe poder generar respuestas (actuaciones). Se debe desplegar la red neuronal en el dispositivo y añadir código para implementar la actuación. Para simplificar este despliegue se usará un entorno de programación Arduino. La solución ejecutándose sobre un nodo IoT se verificará en un entorno de uso real

**Objetivos específicos:**

Relacionar la caja negra que representa una red neuronal con la entrada de datos y la salida de inferencias en un nodo IoT

**Actividades vinculadas:**

Programación de entradas y salidas de la red neuronal

**Dedicación:** 9h

Grupo grande/Teoría: 1h

Grupo pequeño/Laboratorio: 2h

Aprendizaje autónomo: 6h

### Presentación del proyecto desarrollado y sus resultados

**Descripción:**

El último día de clase cada alumno presentará al resto de la clase su proyecto y los resultados obtenidos en una demostración real

**Objetivos específicos:**

Ser capaz, en unos minutos de tiempo, de explicar la motivación del proyecto, la solución adoptada y los resultados

**Actividades vinculadas:**

Preparar un discurso de pocos minutos síntesis del trabajo hecho durante el seminario

**Dedicación:** 18h

Grupo grande/Teoría: 2h

Grupo pequeño/Laboratorio: 1h

Aprendizaje autónomo: 15h

## SISTEMA DE CALIFICACIÓN

Se utilizarán tres elementos para la evaluación.

- 1.- Participación en clase: 20%
- 2.- Idea y desarrollo del proyecto: 30%
- 3.- Ejecución y documentación del proyecto (incluyendo vídeo): 50%

## BIBLIOGRAFÍA

---

### Básica:

- Warden, Pete; Situnayake, Daniel. Tinyml: machine learning with tensorflow lite on arduino and ultra-low-power microcontrollers [en línea]. Beijing: O'Reilly, 2020 [Consulta: 16/02/2022]. Disponible a: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?docID=5995898>. ISBN 9781492051992.
- Warden, Pete. "Why the future of machine learning is tiny". Pete Warden's blog [en línea]. June 11, 2018 [Consulta: 26/01/2022]. Disponible a: <https://petewarden.com/2018/06/11/why-the-future-of-machine-learning-is-tiny/>.
- Laput, Gierard. "Synthetic Sensors : towards general-purpose sensing". web Gierad.com [en línea]. 2017 [Consulta: 26/01/2022]. Disponible a: <https://www.gierad.com/projects/supersensor/>.
- Torras, Jordi. Python deep learning : introducción práctica con Keras y TensorFlow 2. Barcelona: Marcombo, 2020. ISBN 9788426728289.
- "Edge Impulse". Edge Impulse documentation [en línea]. [2021] [Consulta: 26/01/2022]. Disponible a: <https://docs.edgeimpulse.com/docs>.
- Shore, Chris. "Transforming endpoints with artificial intelligence". web ARM [en línea]. 2021 [Consulta: 26/01/2022]. Disponible a: <https://armkeil.blob.core.windows.net/developer/Files/pdf/white-paper/arm-transforming-iot-endpoints-whitepaper.pdf>.
- Merenda, Massimo; Porcaro, Carlo; Iero, Demetrio. "Edge machine learning for AI-enabled IoT devices: a review". Sensors [en línea]. 20(9), 2533 [Consulta: 26/01/2022]. Disponible a: <https://doi.org/10.3390/s20092533>.
- Martins, Franck. "AI Edge Computing : new paradigm for IoT". web ST [en línea]. 2018 [Consulta: 26/01/2022]. Disponible a: <https://tuit.cat/jgmxm>.

### Complementaria:

- Murshed, M.G. Sarwar [et al.]. "Machine learning at the network edge: a survey". ACM Computing Surveys [en línea]. Volume 54, Issue 8 [Consulta: 26/01/2022]. Disponible a: <https://dl-acm-org.recursos.biblioteca.upc.edu/doi/10.1145/3469029>.

## RECURSOS

---

### Material informático:

- Nom recurs. PC personal que el alumne deberá traer a clase
- Entorn de programació. IDE Arduino
- Dispositiu IoT. Cada alumne podrà usar durant el període de impartició de la assignatura uno de los siguientes dispositivos: nano 33 BLE sense o ESP-CAM

### Enlace web:

- Entorn de desenvolupament web. Plataforma de desenvolupament. EdgeImpulse.com