



## FICHA TÉCNICA DE LA ASIGNATURA

| Datos de la asignatura |  |
|------------------------|--|
| Nombre completo        | Visión por Ordenador I   |
| Código                 | DEAC-IMAT-317  |
| Título                 | <a href="#">Grado en Ingeniería Matemática e Inteligencia Artificial</a> |
| Impartido en           | Grado en Ingeniería Matemática e Inteligencia Artificial [Tercer Curso]  |
| Nivel                  | Reglada Grado Europeo  |
| Cuatrimestre           | Semestral  |
| Créditos               | 3,0 ECTS   |
| Carácter               | Obligatoria (Grado)  |
| Departamento / Área    | Departamento de Electrónica, Automática y Comunicaciones                 |
| Responsable            | Javier García López  |
| Horario de tutorías    | Concertar cita por correo electrónico.                                   |

| Datos del profesorado            |  |
|----------------------------------|--|
| <b>Profesor</b>                  |  |
| Nombre                           | Javier García López                                      |
| Departamento / Área              | Departamento de Electrónica, Automática y Comunicaciones |
| Correo electrónico               | jgarcial@icai.comillas.edu                               |
| <b>Profesores de laboratorio</b> |  |
| <b>Profesor</b>                  |  |
| Nombre                           | Ignacio de Rodrigo Tobías                                |
| Departamento / Área              | Instituto de Investigación Tecnológica (IIT)             |
| Correo electrónico               | iderodrigo@comillas.edu                                  |
| <b>Profesor</b>                  |  |
| Nombre                           | Rodrigo Sánchez Molina                                   |
| Departamento / Área              | Departamento de Electrónica, Automática y Comunicaciones |
| Correo electrónico               | rsmolina@icai.comillas.edu                               |

## DATOS ESPECÍFICOS DE LA ASIGNATURA

| Contextualización de la asignatura  |
|---|
| <b>Aportación al perfil profesional de la titulación</b>  |
| En las últimas dos décadas, el campo de la visión por ordenador ha experimentado un crecimiento exponencial. Actualmente las cámaras se consideran uno de los sensores que más información proporcionan y han proliferado las aplicaciones en sectores tan diversos como el |



de la salud, la automoción o la industria manufacturera. Sin embargo, extraer esta información no es trivial y a menudo requiere un esfuerzo computacional elevado.

Este asignatura cubre algunas de las principales técnicas clásicas de procesamiento de imagen y video. Se empieza aprendiendo cómo se capturan las imágenes con una cámara y cuáles son los algoritmos más habituales para destacar las zonas de interés y eliminar ruido u otros efectos no deseados. A continuación, se explica cómo extraer características robustas que permitan después entrenar modelos de aprendizaje automático (*machine learning*) y se termina con algunas nociones de detección y seguimiento de objetos en movimiento en videos. Al finalizar el cuatrimestre, el alumno debería comprender los fundamentos que sustentan los modelos basados en aprendizaje profundo que se utilizan en la actualidad y que se estudian en detalle en asignaturas más avanzadas.

## Prerequisitos

Álgebra lineal y fundamentos de programación en Python.

## Competencias - Objetivos

### Competencias

#### GENERALES

|             |  |
|-------------|--|
| <b>CG04</b> | Conocimientos básicos sobre el uso y programación de los ordenadores, sistemas operativos, bases de datos y programas informáticos con aplicación en ingeniería.   |
| <b>CG06</b> | Capacidad para utilizar el aprendizaje de manera estratégica y flexible en función del objetivo perseguido, a partir del reconocimiento del propio sistema de aprendizaje y de la conciencia del aprendizaje mismo, dentro de un contexto tecnológico que evoluciona rápidamente |

#### ESPECÍFICAS

|             |  |
|-------------|--|
| <b>CE09</b> | Capacidad para analizar, diseñar y resolver problemas reales a través de técnicas algorítmicas mediante un lenguaje de programación                                |
| <b>CE26</b> | Capacidad para aplicar técnicas de inteligencia artificial adecuadas para la realización de trabajos y proyectos de ingeniería.                                    |
| <b>CE29</b> | Capacidad para realizar el tratamiento y análisis de información de visión por ordenador, así como la extracción de características a partir de dicha información. |
| <b>CE31</b> | Capacidad para especificar, diseñar e implementar las técnicas de aprendizaje automático y profundo para la resolución de problemas complejos.                     |

### Resultados de Aprendizaje

|            |  |
|------------|--|
| <b>RA1</b> | Estar familiarizado con los campos donde la visión por ordenador se usa en la actualidad o podría ser relevante en el futuro                 |
| <b>RA2</b> | Conocer los principios físicos involucrados en la formación y captura de imágenes, incluyendo las fuentes de ruido y error y cómo mitigarlas |



|     |   |
|-----|---|
| RA3 | Saber elegir e implementar las técnicas de procesamiento de imagen más adecuadas en cada caso para reducir el ruido o realzar detalles relevantes                         |
| RA4 | Conocer las propiedades, ventajas e inconvenientes de los tipos de características más comunes, y comprender los algoritmos de extracción, codificación y correspondencia |
| RA5 | Saber aplicar técnicas de análisis de video para seguir objetos en movimiento, incluso aunque sean ocluidos parcial o totalmente de forma temporal                        |
| RA6 | Ser capaz de desarrollar aplicaciones de visión por ordenador usando OpenCV   |
| RA7 | Manejar literatura técnica, especialmente artículos publicados en revistas y conferencias científicas   |

## BLOQUES TEMÁTICOS Y CONTENIDOS

### Contenidos – Bloques Temáticos

#### Teoría

##### Tema 1. Introducción

- Cómo se adquiere una imagen
- Modelos de cámara
- Qué es la corrección de la distorsión
- Aplicaciones de la corrección de la distorsión

##### Tema 2. Calibración

- Parámetros intrínsecos y extrínsecos
- Métodos de calibración
- Impacto de la calibración en la formación de la imagen
- Aplicaciones de métodos de calibración (ejemplos)

##### Tema 3. Procesamiento de imagen

- Espacios de color
- Métodos de extracción de características en imagen
- Correspondencia de características (*feature matching*): cambios de perspectiva, seguimiento de puntos, Structure from Motion (SfM)
- Aplicaciones

##### Tema 4. Procesamiento de vídeo

- Métodos de sustracción de fondo
- Detección de características sobre video
- Métodos de seguimiento sobre video (filtro de Kalman, flujo óptico)
- Aplicaciones

#### Laboratorio



### Práctica 1. Calibración

- Se implementará un método de corrección de la distorsión sobre un conjunto de imágenes tomado con un modelo concreto de cámara.
- Se implementará y ejecutará un método de calibración extrínseca a partir de unos datos iniciales y un patrón de calibración conocido.

### Práctica 2. Preprocesado

- Se calculará el histograma de intensidades de un conjunto de datos y se analizará el impacto de diversos métodos de preprocesado sobre los mismos.
- Se estudiará el efecto de distintos tipos de filtros (gaussianos, morfológicos...).
- Para un conjunto de imágenes con algunas particularidades, habrá que determinar la técnica de preprocesado más adecuada para normalizarlo.

### Práctica 3. Extracción de características

- A partir de un conjunto de datos de vehículos, se programarán y representarán los resultados de varios métodos de extracción de características.
- Después se implementará un clasificador de vehículos y se estudiará el impacto de utilizar los diferentes tipos de características.

### Práctica 4. Procesamiento de vídeo

- Se desarrollará un algoritmo de seguimiento de vehículos en vídeos utilizando diversas técnicas como métodos de sustracción de fondo o filtros de Kalman.

### Proyecto

Usando una Raspberry Pi a la que se conectará una cámara se implementará un sistema capaz de identificar en tiempo real hasta 9 dígitos únicos cuando aparezcan en el vídeo. El objetivo será desarrollar un sistema que reconozca una contraseña de hasta 4 dígitos numéricos y "permita" o "deniegue" el acceso. El sistema deberá incluir un método automático inicial de calibración.

## METODOLOGÍA DOCENTE

### Aspectos metodológicos generales de la asignatura

#### Metodología Presencial: Actividades

**Clases magistrales expositivas y participativas.** El profesor introducirá y explicará los principales conceptos de cada tema utilizando presentaciones dinámicas y pequeños ejemplos prácticos. Se fomentará la participación activa planteando preguntas abiertas para promover el debate.

CG04, CE09, CG06, CE26, CE31, CE29

**Sesiones prácticas de laboratorio.** Se formarán grupos de trabajo para realizar prácticas regladas con las que afianzar los conceptos teóricos y aprender a manejar el equipamiento del laboratorio.

CG04, CE09, CG06, CE26, CE31, CE29

**Proyectos.** Durante las últimas semanas los alumnos, organizados en grupos, elaborarán un proyecto libre que integre todos los módulos de la asignatura.

CG04, CE09, CG06, CE26, CE31, CE29



**Tutorías.** Se realizarán en grupo e individualmente para resolver las dudas que se planteen después de haber trabajado los distintos temas, y para orientar al alumno en su proceso de aprendizaje.

### Metodología No presencial: Actividades

|   |                                    |
|---|------------------------------------|
| <b>Estudio personal.</b> El alumno debe realizar un trabajo personal posterior a las clases teóricas para comprender e interiorizar los conocimientos aportados en la materia.  | CE31, CG04, CE09, CE29, CG06, CE26 |
| <b>Sesiones prácticas de laboratorio.</b> Las prácticas de laboratorio requerirán la realización de un trabajo previo de preparación y finalizarán con la redacción de un informe.  | CE31, CG04, CE09, CE29, CG06, CE26 |
| <b>Proyectos.</b> Se presentará una propuesta previa que incluya una planificación temporal para garantizar que el proyecto se puede realizar en el tiempo disponible. Asimismo, lo alumnos deberán adelantar fuera del aula aquellas tareas que no necesiten de equipamiento especial para aprovechar al máximo el tiempo presencial de resolución de dudas con el profesor. | CE31, CG04, CE09, CE29, CG06, CE26 |
| <b>Búsqueda y selección de materiales bibliográficos, datos o estadísticos.</b> Se fomentará la lectura de artículos técnicos, puesto que son uno de los vehículos principales para transmitir la información en el campo de la visión por ordenador.   | CE31, CG04, CE09, CE29, CG06, CE26 |

### RESUMEN HORAS DE TRABAJO DEL ALUMNO

| HORAS PRESENCIALES                              |   |  |                                   |           |
|---|---|--|-----------------------------------|-----------|
| Clases magistrales expositivas y participativas | Tutorías para resolución de dudas                                       | Actividades de evaluación continua del rendimiento | Sesiones prácticas de laboratorio | Proyectos |
| 14.00   | 5.00  | 2.00   | 8.00                              | 6.00      |
| HORAS NO PRESENCIALES                           |   |  |                                   |           |
| Estudio personal                                | Búsqueda y selección de materiales bibliográficos, datos o estadísticos | Sesiones prácticas de laboratorio                  | Proyectos                         |           |
| 15.00   | 6.00  | 16.00  | 18.00                             |           |
| <b>CRÉDITOS ECTS: 3,0 (90,00 horas)</b>         |   |  |                                   |           |

### EVALUACIÓN Y CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

| Actividades de evaluación   | Criterios de evaluación   | Peso |
|---|---|------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Prueba intersemestral</li> <li>Examen final</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Comprensión de los conceptos teóricos.</li> <li>Aplicación de estos conceptos a la resolución de problemas prácticos.</li> <li>Análisis crítico de los resultados numéricos.</li> <li>Comunicación escrita.</li> </ul> | 40 % |
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Comprensión de los conceptos teóricos.</li> </ul>  |      |



|   |  |      |
|---|--|------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Prácticas</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Aplicación de estos conceptos a la resolución de problemas prácticos.</li><li>• Análisis crítico de los resultados experimentales.</li><li>• Comunicación oral y escrita.</li></ul>  | 20 % |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Proyecto</li></ul>  | <ul style="list-style-type: none"><li>• Calidad de la propuesta.</li><li>• Ejecución y calidad del diseño final.</li><li>• Dificultad.</li><li>• Robustez de funcionamiento.</li><li>• Autonomía y habilidad para resolver problemas.</li><li>• Comunicación oral y escrita.</li></ul> | 40 % |

## Calificaciones

### Convocatoria ordinaria

El peso de cada una de las actividades de evaluación será el siguiente:

- Teoría (40%)
  - Prueba intersemestral: 10%
  - Examen final: 30%
- Laboratorio (60%)
  - Prácticas: 20%
  - Proyecto: 40%

La calificación final se calculará atendiendo a estas **restricciones**:

- Si las notas del examen final y del proyecto son mayores o iguales que 5, la nota de la asignatura se obtendrá como la media ponderada de todas las actividades de evaluación. En caso contrario, la calificación final de la asignatura será la menor de ambas notas.

### Convocatoria extraordinaria

En la convocatoria extraordinaria se deberá realizar un nuevo examen final de teoría. Además, si la nota del proyecto es inferior a 5, el alumno deberá realizar también un proyecto individual, que se defenderá públicamente como tarde el día del examen extraordinario. Se conservan las notas de la convocatoria ordinaria de todas aquellas actividades de evaluación que no deban repetirse: prueba intersemestral, prácticas y, en su caso, del proyecto. La calificación final se obtendrá de la misma forma que en la convocatoria ordinaria y atendiendo a las mismas restricciones.

### Normativa

La asistencia a clase es obligatoria según el Artículo 93 del Reglamento General de la Universidad Pontificia Comillas y el Artículo 6 de las Normas Académicas de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI). El incumplimiento de esta norma, que se aplicará de forma independiente para las sesiones de teoría y laboratorio, puede acarrear las siguientes consecuencias:

- Los alumnos que no asistan a más del 15% de las *sesiones de teoría* podrán perder el derecho a presentarse al examen final de la convocatoria ordinaria.



- La ausencia a más del 15% de las *sesiones de laboratorio* puede impedir presentarse a lo exámenes de las convocatorias ordinaria y extraordinaria. En cualquier caso, las faltas no justificadas a sesiones de laboratorio serán penalizadas en la evaluación.

Los alumnos que cometan una irregularidad en cualquier actividad calificada recibirán una nota de cero en la actividad y se abrirá un procedimiento disciplinario (cf. Artículo 168 del Reglamento General de la Universidad Pontificia Comillas).

## PLAN DE TRABAJO Y CRONOGRAMA

| Actividades                             | Fecha de realización                     | Fecha de entrega                                     |
|---|--|--|
| Prueba intersemestral                   | Semana 7                                 |  |
| Examen final                            | Periodo de exámenes ordinarios           |  |
| Prácticas de laboratorio                | Cada dos semanas                         |  |
| Estudio de los contenidos teóricos      | Después de cada clase                    |  |
| Resolución de problemas propuestos      | Cada dos semanas                         |  |
| Elaboración de informes de laboratorio  | Después de cada práctica                 | La semana siguiente a la finalización de la práctica |
| Desarrollo del proyecto                 | Desde la primera práctica de laboratorio | La última semana                                     |
| Preparación de la prueba intersemestral | Una semana antes del examen              |  |
| Preparación del examen final            | Diciembre                                |  |

## BIBLIOGRAFÍA Y RECURSOS

### Bibliografía Básica

- Apuntes y presentaciones de la asignatura (disponibles en Moodle).
- R. Szeliski, *Computer Vision: Algorithms and Applications*, 2ª Ed., Springer, 2021. ISBN-13: 978-3-030-34371-2
- OpenCV, [En línea]. Disponible: <https://opencv.org/>
- P Sturm, S. Ramalingam, J.-P. Tardif, S. Gasparini y J. Barreto, *Camera models and fundamental concepts used in geometric computer vision. Foundations and trends in computer graphics and vision*, vol. 6, no. 1-2, pp. 1-183, 2011 DOI: [10.1561/06600000023](https://doi.org/10.1561/06600000023)
- A. Ammar, H. B. Fredj y C. Souani, *Accurate realtime motion estimation using optical flow on an embedded system*, Electronics, vol. 10, no. 17, 2164, 2021. DOI: [10.3390/electronics10172164](https://doi.org/10.3390/electronics10172164)
- E. F. I. Raj y M. Balaji, *Shape feature extraction techniques for computer vision applications*, en B. V. Kumar, P. Sivakumar, B. Surendiran, J. Ding (eds.) *Smart Computer Vision*, EAI/Springer Innovations in Communication and Computing, Springer, Cham, 2023. DOI: [10.1007/978-3-031-20541-5\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-031-20541-5_4)



# COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

ICADE

CIHS

GUÍA DOCENTE

2023 - 2024

## Bibliografía Complementaria

- S. Dey, *Hands-on Image Processing in Python: Expert techniques for advanced image analysis and effective interpretation of image data*, 1ª Ed., Packt Publishing, 2018. ISBN-13: 978-1-789-34373-1
- E. Adil, M. Mikou y A. Mouhsen, *Investigation of stereo camera calibration based on Python*, en Proc. 12th Int. Conf. Soft Computing and Pattern Recognition (SoCPaR 2020). Advances in Intelligent Systems and Computing, vol. 1383. Springer, Cham., 2021. DOI: [10.1007/978-3-030-73689-7\\_74](https://doi.org/10.1007/978-3-030-73689-7_74)
- P. Corke, *Robotics, Vision and Control: Fundamental Algorithms in MATLAB*, 2ª Ed., Springer International Publishing, 2017. ISBN-13: 978-3-319-54412-0

En cumplimiento de la normativa vigente en materia de **protección de datos de carácter personal**, le informamos y recordamos que puede consultar los aspectos relativos a privacidad y protección de datos que ha aceptado en su matrícula entrando en esta web y pulsando "descargar"

[https://servicios.upcomillas.es/sedelectronica/inicio.aspx?csv=02E4557CAA66F4A81663AD10CED66792](https://servicios.upcomillas.es/sedeelectronica/inicio.aspx?csv=02E4557CAA66F4A81663AD10CED66792)

