

9/

**Facultad de Ingeniería  
Comisión Académica de Posgrado**

**Formulario de aprobación de curso de posgrado/educación permanente**

**Asignatura:** Aprendizaje Profundo para Visión Artificial  
(Si el nombre contiene siglas deberán ser aclaradas)

**Modalidad:**  
(posgrado, educación permanente o ambas)

**Posgrado**

**Educación permanente**

**Profesor de la asignatura <sup>1</sup>:** Dr. José Lezama – Gr. 3 – IIE.  
(título, nombre, grado o cargo, instituto o institución)

**Profesor Responsable Local <sup>1</sup>:**  
(título, nombre, grado, instituto)

**Otros docentes de la Facultad:**  
(título, nombre, grado, instituto)

Dr. Pablo Musé – Gr. 5 – IIE

Dr. Javier Preciozzi – Gr. 3 – IIE

Ing. Gastón García – Gr. 1 – IIE

**Docentes fuera de Facultad:**  
(título, nombre, cargo, institución, país)

<sup>1</sup> Agregar CV si el curso se dicta por primera vez.  
(Si el profesor de la asignatura no es docente de la Facultad se deberá designar un responsable local)

[Si es curso de posgrado]

**Programa(s) de posgrado:** Maestría y Doctorado en Ing. Eléctrica, Computación, Matemática

**Instituto o unidad:** Instituto de Ing. Eléctrica

**Departamento o área:** Procesamiento de Señales

**Horas Presenciales:** 52  
(se deberán discriminar las horas en el ítem Metodología de enseñanza)

**Nº de Créditos:** 10  
[Exclusivamente para curso de posgrado]  
(de acuerdo a la definición de la UdelaR, un crédito equivale a 15 horas de dedicación del estudiante según se detalla en el ítem Metodología de enseñanza)

**Público objetivo:** Este curso busca introducir las redes neuronales profundas y su aplicación a la visión artificial a estudiantes de posgrado en Ingeniería Eléctrica, Ingeniería en Computación, Matemática o ramas afines.

**Cupos:** Mínimo: 8. Máximo: 50.  
Se adjunta nota fundamentando los cupos propuestos y método de asignación.

(si corresponde, se indicará el número de plazas, mínimo y máximo y los criterios de selección. Asimismo, se adjuntará en nota aparte los fundamentos de los cupos propuestos. Si no existe indicación particular para el cupo máximo, el criterio general será el orden de inscripción, hasta completar el cupo asignado)

## Facultad de Ingeniería Comisión Académica de Posgrado

---

**Objetivos:** En los últimos años, el aprendizaje profundo (*deep learning*) se ha convertido en una herramienta fundamental en el aprendizaje de máquinas para una amplia variedad de dominios y aplicaciones. Uno de sus mayores éxitos ha sido su aplicación a la visión artificial, donde el desempeño en problemas como el reconocimiento de objetos y acciones ha permitido importantes mejoras en la última década.

El aprendizaje profundo es una técnica que emplea redes neuronales para aprender representaciones a partir de una serie de datos observados, que puedan ser de utilidad para resolver problemas de alto nivel como ser predicción, restauración o clasificación de señales. Dichas representaciones se denominan profundas por estar construidas a partir de una jerarquía compuesta de sucesivas capas que representan las observaciones con un nivel creciente de abstracción. El aprendizaje profundo pretende descubrir las propiedades intrínsecas de grandes volúmenes de datos construyendo representaciones distribuidas, tanto en contextos supervisados como no supervisados.

Este curso brinda una introducción al aprendizaje profundo con un enfoque práctico en la visión artificial. El objetivo principal es presentar a los estudiantes los principales aspectos de modelado, algorítmicos y de optimización de forma de que ellos mismos puedan implementar (diseñar, entrenar y validar) sus propios modelos. Se presentarán modelos simples basados en redes convolucionales que permiten explicar matemáticamente algunas de las propiedades claves para su éxito. Todos los conceptos serán ilustrados con aplicaciones específicas en los campos de visión artificial y procesamiento de imágenes.

---

**Conocimientos previos exigidos:** Conocimientos básicos de Cálculo diferencial, Álgebra Lineal, Probabilidad y Estadística y Programación (conocimientos sólidos en al menos un lenguaje de programación).

**Conocimientos previos recomendados:** Familiaridad con conceptos básicos de reconocimiento de patrones, procesamiento de imágenes, optimización, programación en lenguaje Python.

---

**Metodología de enseñanza:**

(comprende una descripción de la metodología de enseñanza y de las horas dedicadas por el estudiante a la asignatura, distribuidas en horas presenciales -de clase práctica, teórico, laboratorio, consulta, etc.- y no presenciales de trabajo personal del estudiante)

**Descripción de la metodología:**

Se darán 39 hs. de clases teórico-prácticas divididas en 26 clases de una hora y media cada una, a razón de dos clases por semana. Se estima una dedicación de 39 horas por parte del estudiante para estudiar los temas impartidos en clase, 50 horas para resolver los ejercicios de práctico y 22 horas para la realización del trabajo final.

**Detalle de horas:**

- Horas de clase (teórico): 30
- Horas de clase (práctico): 9
- Horas de clase (laboratorio): 0
- Horas de consulta: 9
- Horas de evaluación: 4
  - Subtotal de horas presenciales: 52
- Horas de estudio: 39
- Horas de resolución de ejercicios/prácticos: 39

11/

## Facultad de Ingeniería Comisión Académica de Posgrado

---

- Horas proyecto final/monografía: 20
  - Total de horas de dedicación del estudiante: 150

---

### Forma de evaluación:

[Indique la forma de evaluación para estudiantes de posgrado, si corresponde]

[Indique la forma de evaluación para estudiantes de educación permanente, si corresponde]

La evaluación consiste en: 1) La entrega de tres obligatorios con ejercicios de máquina y preguntas teóricas. 2) Una prueba escrita para validar conocimientos conceptuales. 3) El estudio de un trabajo científico publicado recientemente y presentación oral de un resumen del mismo.

El curso se aprueba exclusivamente por exoneración no existiendo acto de examen.

Para aprobar la asignatura el estudiante deberá:

- 1) aprobar al menos el 70 % de los obligatorios.
- 2) aprobar al menos el 50% de la prueba escrita
- 3) presentar oralmente el tema estudiado de manera aceptable.

En base a las calificaciones recibidas durante el curso y a su desempeño en la instancia de defensa, el estudiante podrá reprobar la asignatura (nota 0) o aprobar la asignatura (nota 3 a 12).

---

### Temario:

Tentativamente, se intentarán cubrir los siguientes temas

#### 1. INTRODUCCIÓN

Reseña histórica, motivación, principios del aprendizaje de representaciones de imágenes

#### 2. APRENDIZAJE SUPERVISADO

Aprendizaje supervisado. Métodos lineales de clasificación, regla del k-vecino más cercano, representaciones de imágenes.

#### 3. MODELOS DE REDES NEURONALES

Modelo de neurona, perceptrón, redes totalmente conectadas, redes convolucionales

#### 4. ENTRENAMIENTO

Formulación del aprendizaje como un problema de optimización. Descenso por gradiente estocástico y sus variantes, backpropagation, sobre-entrenamiento, regularización, generalización

#### 5. TÓPICOS AVANZADOS EN REDES CONVOLUCIONALES

Visualización de representaciones aprendidas, transferencia de aprendizaje, ataques adversarios, transferencia de estilo.

#### 6. APRENDIZAJE PROFUNDO EN LA PRÁCTICA

Arquitecturas, bibliotecas de software, hardware.

#### 7. APLICACIONES A VISIÓN ARTIFICIAL

Clasificación y detección de objetos, segmentación. Problemas inversos en imágenes.

#### 8. MODELOS SECUENCIALES

Redes recurrentes, LSTM, Transformers.

#### 9. MODELOS PROBABILÍSTICOS BASADOS EN APRENDIZAJE PROFUNDO

12

## Facultad de Ingeniería Comisión Académica de Posgrado

---

Estimación y comparación de densidades en alta dimensión. Redes generativas adversarias (GANs), autoencoders variacionales (VAEs), Normalizing Flows. Aprendizaje profundo Bayesiano.

### 10. GENERALIZACIÓN EN REDES NEURONALES

Teorema de aproximación universal. Occam's razor. Sobre-parametrización. Últimos avances teóricos.

### 11. OTROS TÓPICOS

Aprendizaje profundo por refuerzo; meta-aprendizaje, aprendizaje no supervisado y auto-supervisado.

### 12. CHARLAS DE APLICACIONES

Charlas de investigadores o ingenieros trabajando en aprendizaje profundo.

---

### **Bibliografía:**

(título del libro-nombre del autor-editorial-ISBN-fecha de edición)

La bibliografía seguirá varios artículos y algunos capítulos de libros publicados recientemente.

---

1. Li, Fei-Fei, L., Karpathy, A., Johnson, J. "CS231n: Convolutional neural networks for visual recognition." Stanford University, notas de curso, 2015.
2. Goodfellow, I., Bengio, Y., Courville, A. "Deep learning". MIT Press, 2016.
3. Bishop, Christopher M. Pattern recognition and machine learning. springer, 2006.
4. MacKay, D. J.. Information theory, inference and learning algorithms. Cambridge university press, 2003.
5. Hastie, T, Tibshirani, R. Friedman, J. "The Elements of Statistical Learning". NY Springer, 2001
6. LeCun, Y., Bengio, Y., Hinton, G. "Deep learning." Nature 521.7553 (2015): 436-444.
7. Mallat, S., "Understanding deep convolutional networks." Phil. Trans. R. Soc. A 374.2065 (2016): 20150203.
8. Krizhevsky, A., Sutskever, I., Hinton, G. "Imagenet classification with deep convolutional neural networks." NIPS, 2012.
9. Zeiler, M. D., and Fergus, R. "Visualizing and understanding convolutional networks." ECCV, 2014.
10. Goodfellow, I., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., Courville, A. and Bengio, Y. "Generative adversarial nets". NIPS, 2014