

### PROGRAMA DE CURSO

| Código   |                   | Nombre                        |  |                           |
|--|-------------------|-------------------------------|--|---------------------------|
| IN6534   |                   | Introducción al Deep Learning |  |                           |
| Nombre en Inglés   |                   |                               |  |                           |
| Introduction to Deep Learning  |                   |                               |  |                           |
| SCT  | Unidades Docentes | Horas de Cátedra              | Horas Docencia Auxiliar  | Horas de Trabajo Personal |
| 6  | 10                | 1.5                           | 1.5  | 7.0                       |
| Requisitos   |                   |                               | Carácter del Curso   |                           |
| (IN3242/IN3401)<br><br>IN3242 – Estadística<br>ó<br>IN3401 - Estadística para la Economía y Gestión  |                   |                               | Electivo de la carrera Ingeniería Civil Industrial.<br><br>Electivo Magíster en Ciencia de Datos (MDS)<br><br>Electivo MGO, MBE, DSI (por aprobar en esos programas) |                           |
| Propósito del Curso  |                   |                               |  |                           |
| <p>Este curso tiene como propósito introducir a los y las estudiantes al área de Deep Learning, o de aprendizaje basado en redes neuronales profundas. Si bien se muestra rigurosamente la teoría que sustenta al Deep Learning, el curso tiene un sesgo intencionado hacia la aplicación práctica de sus técnicas para resolver problemas de gestión cada vez más complejos y desafiantes de las organizaciones. Para ello los y las estudiantes realizarán, para cada tópico teórico general, tareas en que deberán definir un problema de gestión, así como diseñar y programar una solución con herramientas de Deep Learning.</p> <p>El proceso proporcionará a los y las estudiantes la capacidad de aplicar los modelos del Deep Learning en problemas relacionados con gestión de operaciones, finanzas y marketing en diferentes sectores de la industria, como salud, retail, seguridad y transporte. Por ejemplo, se mostrarán aplicaciones reales basadas en la experiencia aplicada de los profesores en predicción de eventos futuros en procesos de negocios, segmentación de imágenes médicas, predicción de no-show de pacientes de un hospital, sistemas de recomendación para e-commerce, predicción de crimen en la ciudad y predicción de fatiga laboral, carga mental y emociones en sistemas de transporte. Además, se mostrará el uso de las técnicas de Deep Learning en problemas clásicos, como evaluación de riesgo crediticio, predicción de fuga de clientes, pronóstico de demanda, etc. En particular, la y el estudiante entenderá el funcionamiento y los posibles usos de modelos de aprendizaje basado en redes neuronales profundas, pudiendo llevar a cabo su construcción, entrenamiento, optimización y validación para la solución de problemas reales.</p> <p>El curso entregará las bases para el aprendizaje autodidacta de los últimos temas presentes en la investigación del Deep Learning, área de vertiginosa y rápida evolución.</p> |                   |                               |  |                           |

Se espera que la y el estudiante adquiera una serie de nuevas herramientas y estímulos que le permitan solucionar problemas de manera más eficaz y/o eficiente y, al mismo tiempo, pensar creativamente en su aplicación a nuevos modelos de negocios.

El curso será evaluado desde una perspectiva práctica por el desarrollo de tareas de programación llevadas a cabo en Python con el uso de las librerías de redes neuronales de Keras y Tensorflow, y desde una perspectiva teórica, a través de un control. Las tareas se realizarán en grupo, permitiendo el aprendizaje colaborativo y contribuyendo a las habilidades de trabajo en equipo y creativo en tareas de programación.

#### Competencias a las que tributa el curso

##### Competencias Específicas

CE2: Concebir y diseñar soluciones que crean valor para resolver problemas de las organizaciones, utilizando los conocimientos provenientes de la gestión de operaciones, tecnologías de información y comunicaciones, finanzas, economía y marketing.

CE3: Modelar, simular y evaluar problemas de gestión, para encontrar soluciones óptimas, a necesidades de la ingeniería industrial.

CE4: Emplear y aplicar los conocimientos de las distintas disciplinas constitutivas de la ingeniería industrial: gestión de operaciones, tecnologías de información y comunicaciones, finanzas, economía y marketing, en las respectivas áreas funcionales de las organizaciones.

##### Competencias Genéricas

CG3: Actuar de manera responsable y honesta, dando cuenta en forma crítica de sus propias acciones y sus consecuencias, en el marco del respeto hacia la dignidad de las personas y el cuidado del medio social, cultural y natural.

CG4: Ejecutar con su equipo, de forma estratégica, diversas actividades formativas propuestas, considerando la autogestión de sí mismo y la relación con el otro, asumiendo diversos roles: de líder, colaborador u otros, según requerimientos y objetivos, sin discriminar por género u otra razón.

CG6: Concebir ideas viables y novedosas para resolver problemas o necesidades, materializadas en productos, servicios o en mejoras a procesos, considerando el contexto sociocultural, económico y los beneficios para el usuario.

| Resultados de Aprendizaje   | Competencia a la que tributa (CE-CG) |
|---|--------------------------------------|
| Entender y aplicar modelos de aprendizaje basado en redes neuronales profundas a problemas relacionados con la industria en áreas de marketing, gestión de operaciones, finanzas u otros. | CE2 - CE4 - CG6                      |
| Diseñar redes neuronales profundas para problemas específicos, considerando las distintas arquitecturas de redes posibles y los datos disponibles para entrenamiento.                     | CE3 - CG3 -CG4-<br>CG6               |

|   |     |
|---|-----|
| Implementar modelos de deep learning usando librerías de software basadas en lenguajes de programación de Python, Tensorflow y Keras. | CE3 |
| Consultar el estado del arte del área para implementar nuevas arquitecturas u optimizaciones.   |     |

| Metodología Docente  | Evaluación General  |
|--|---|
| <p>La metodología consiste en cátedras teóricas y basadas en resultados de casos reales, y clases auxiliares de programación.</p> <p>Los y las estudiantes deberán realizar tareas y presentar revisiones de artículos académicos en grupos.</p> <p>Se considera un control de medio semestre.</p> | <p>El curso se evaluará mediante:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Perspectiva práctica: tres tareas en grupos de tres personas.</li> <li>• Perspectiva teórica: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Un control y examen asíncronos individuales (70%)</li> <li>- Una revisión de papers en grupos de tres personas (30%)</li> </ul> </li> </ul> <p>Nota final: 50% práctica, 50% teórica.</p> <p>Tanto la perspectiva práctica como teórica deben ser aprobadas por separado.</p> |

### UNIDADES TEMÁTICAS

| Número  | Nombre de la Unidad  | Duración en Semanas   |
|---|--|---|
| 1   | Introducción a Machine y Deep Learning   | 2.5   |
| Contenidos  | Resultados de Aprendizajes de la Unidad  | Referencias a la Bibliografía   |
| <p>I. Inteligencia artificial y su aplicación a los datos masivos de las organizaciones.</p> <p>II. Conceptos básicos de Machine Learning:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Algoritmos de aprendizaje.</li> <li>- Capacidad, overfitting y underfitting.</li> <li>- Aprendizaje supervisado y no</li> </ul> | <p>La y el estudiante demuestra que:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Comprende la importancia de las herramientas de machine y deep learning y algunas aplicaciones a problemas presentados en diferentes industrias.</li> <li>2. Comprende los conceptos</li> </ol> | <p>[1] Cap. II.5</p> <p>[2] Cap I. 3.2 – 3.6, Cap IV.</p> <p>[3] Cap. 2.2.</p> <p>[4]</p> |

|   |  |  |
|---|--|--|
| <p>supervisado.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Métricas de evaluación.</li> </ul> <p>III. Aplicaciones de Machine y Deep Learning en la industria.</p> <p>IV. Librerías de programación para Machine y Deep Learning, conceptos básicos.</p> <p>V. Estructura y conceptos básicos de redes neuronales</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perceptron.</li> <li>- Funciones de activación.</li> <li>- Arquitectura de red neuronal.</li> <li>- Selección de características.</li> <li>- Funciones de costo/error.</li> </ul> <p>VI. Ejercitación en computación numérica.</p> | <p>básicos de machine learning y de redes neuronales.</p> <p>3. Comprende los conceptos detrás de las librerías a utilizar para la aplicación de modelos de redes neuronales profundas.</p> <p>4. Comprende cómo el deep learning permite sobrepasar los obstáculos presentes en machine learning.</p> |  |
|---|--|--|

| Número   | Nombre de la Unidad   | Duración en Semanas  |
|--|---|--|
| 2  | Fundamentos en Deep Learning  | 3.5  |
| Contenidos   | Resultados de Aprendizajes de la Unidad   | Referencias a la Bibliografía  |
| <p>I. Deep feedforward networks:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aprendizaje basado en gradientes.</li> <li>- Diseño de arquitecturas de redes.</li> <li>- Algoritmo de backpropagation y otros algoritmos de diferenciación.</li> </ul> <p>II. Regularización en modelos deep learning:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Penalización de parámetros.</li> <li>- Dropout</li> <li>- Aprendizaje adaptativo</li> </ul> | <p>La y el estudiante demuestra que:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Comprende los fundamentos teóricos de las redes neuronales feedforward.</li> <li>2. Implementa redes neuronales utilizando paquetes especializados.</li> <li>3. Conoce las métricas de eficiencia en el entrenamiento de las redes feedforward.</li> <li>4. Aplica métodos de</li> </ol> | <p>[1] Cap. II.6-8, Cap. II 11</p> <p>[2] Cap I.3.1, Cap I.4</p> <p>[3] Cap 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5.</p> |

|  |  |  |
|--|--|--|
| <p>III. Optimización para entrenar modelos de deep learning:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Descenso de gradiente estocástico.</li> <li>- Inicialización de parámetros.</li> <li>- Método de aproximación de segundo orden.</li> </ul> <p>IV. Metodología práctica:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Métricas de eficiencia</li> <li>- Búsqueda y optimización de hiperparámetros.</li> <li>- Técnicas de debugging.</li> </ul> <p>V. Cómo definir un proyecto de aplicación de Deep Learning.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ejemplos reales en salud, marketing y gestión de operaciones.</li> </ul> <p>VI. Modelamiento de redes en Keras</p> | <p>mejoramiento en el entrenamiento de las redes neuronales feedforward.</p> <p>5. Comprende cómo definir un proyecto en que se aplican herramientas de Deep Learning.</p> |  |
|--|--|--|

| Número  | Nombre de la Unidad  | Duración en Semanas   |
|---|--|---|
| 3   | Redes Neuronales Convolucionales y Aplicaciones  | 4   |
| Contenidos  | Resultados de Aprendizajes de la Unidad  | Referencias a la Bibliografía   |
| <p>I. Redes neuronales Convolucionales (CNN) y sus aplicaciones en problemas de la industria, especialmente de la salud.</p> <p>II. Estudio de la arquitectura de una CNN:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Padding, strides, pooling.</li> <li>- Backpropagation a través de convoluciones.</li> </ul> <p>III. Modelación de una CNN en Keras aplicada a un problema</p> | <p>La y el estudiante demuestra que:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Comprende las estructuras de los modelos básicos de redes neuronales convolucionales utilizados en el estado del arte.</li> <li>2. Comprende el uso de las CNN en los diferentes ámbitos de la industria.</li> <li>3. Propone e implementa</li> </ol> | <p>[1] Cap. II.9, II.12.</p> <p>[2] Cap. II.5</p> <p>[3] Cap. 8.2, 8.3, 8.4, 8.6.</p> |

|   |   |  |
|---|---|--|
| <p>particular.</p> <p>IV. Arquitecturas de CNN preentrenadas y sus aplicaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- AlexNet.</li> <li>- VGG.</li> <li>- U-Net.</li> <li>- SegNet.</li> <li>- ResNet.</li> <li>- El concepto de transfer learning.</li> </ul> <p>V. Modelos de Deep Learning para detección de objetos y segmentación en imágenes.</p> | <p>soluciones a problemas específicos de un área de la industria utilizando las CNN.</p> <p>4. Conoce el funcionamiento de arquitecturas preentrenadas de CNNs y su configuración en casos específicos.</p> |  |
|---|---|--|

| Número   | Nombre de la Unidad   | Duración en Semanas  |
|--|---|--|
| 4  | Redes Neuronales Recurrentes y Aplicaciones   | 4  |
| Contenidos   | Resultados de Aprendizajes de la Unidad   | Referencias a la Bibliografía  |
| <p>I. Arquitectura de Redes Neuronales Recurrentes (RNNs):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Backpropagation temporal.</li> <li>- RNNs bidireccionales.</li> <li>- RNNs multi capas.</li> </ul> <p>II. Redes Long short term memory (LSTM)</p> <p>III. Redes Gated Recurrent Units (GRUs)</p> <p>IV. Arquitectura Encoder-Decoder.</p> <p>V. Aplicaciones de RNNs:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pronóstico de series de tiempo.</li> <li>- Sistemas de recomendación</li> </ul> | <p>La y el estudiante demuestra que:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Comprende y aplica las estructuras básicas de las redes neuronales recurrentes.</li> <li>2. Comprende y aplica redes neuronales recurrentes con variaciones en temporalidad y memoria.</li> <li>3. Comprende y aplica estructuras más complejas basadas en las estructuras de redes neuronales recurrentes.</li> <li>4. Propone e implementa soluciones a problemas específicos de un área de la industria utilizando redes</li> </ol> | <p>[1] Cap. II.10, II.12.</p> <p>[2] Cap. II.6</p> <p>[3] Cap. 7.1, 7.2, 7.5, 7.6, 7.7.2, 7.7.5, 7.7.6.</p> <p>[5]</p> |

|   |   |  |
|---|---|--|
| <p>temporales.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Clasificación en texto y aprendizaje sequence-to-sequence.</li> </ul> <p>VI. Modelamiento de RNNs en Keras.</p> | <p>neuronales recurrentes y sus diferentes arquitecturas.</p> |  |
|---|---|--|

| Número   | Nombre de la Unidad  | Duración en Semanas  |
|--|--|--|
| 5  | Exposición de Tópicos Avanzados  | 1  |
| Contenidos   | Resultados de Aprendizajes de la Unidad  | Referencias a la Bibliografía  |
| <p>I. Aplicaciones de arquitecturas combinadas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Modelos multi entradas</li> <li>- Modelos multi salidas</li> </ul> <p>II. Introducción a Autoencoders y Variational Autoencoders.</p> <p>III. Introducción a Deep Learning generativo.</p> <p>IV. Introducción a modelos de estimación estocástica:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mixture density network con RNNs.</li> </ul> | <p>La y el estudiante demuestra que:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Es capaz de enfrentarse a la literatura científica del área, permitiendo el autoaprendizaje en el estado del arte.</li> <li>2. Comprende las arquitecturas, funcionalidades y posibles aplicaciones de modelos más avanzados en el ámbito.</li> </ol> | <p>[1] Cap. 14</p> <p>[2] Cap. 7.1, 8.4, 8.5.</p> <p>[5] Sección 4</p> |

### Bibliografía General

#### Obligatoria:

1. Y. Goodfellow, Y. Bengio & A. Courville. “Deep Learning”, MIT Press, 2016. En línea: <http://www.deeplearningbook.org>
2. Francois Chollet. “Deep learning with Python”, Manning Publications, 2018.
3. Charu C. Aggarwal. “Neural Networks and Deep Learning: A Textbook”, Springer, 2018.

#### Complementaria:

4. LeCun, Yann, Yoshua Bengio, and Geoffrey Hinton. Deep Learning. Nature 521.7553: 436, 2015.
5. Graves, A. Generating sequences with recurrent neural networks. arXiv preprint arXiv:1308.0850, 2013.
6. Kaggle. Google online community of data scientist and machine learners. En línea: [www.kaggle.com](http://www.kaggle.com)
7. Portal sobre deep learning. En línea: [www.deeplearning.net](http://www.deeplearning.net)
8. Listado de los papers en deep learning más citados. En línea: <http://github.com/terryum/awesome-deep-learning-papers>
9. Tutoriales sobre deep learning. En línea: <http://github.com/ujjwalkarn/Machine-Learning-Tutorials>
10. Curso online de G. Hinton en redes neuronales. En línea: [www.coursera.org/learn/neural-networks](http://www.coursera.org/learn/neural-networks)
11. Curso online de Andrew Ng en deep learning. En línea: [www.coursera.org/specializations/deep-learning](http://www.coursera.org/specializations/deep-learning)
12. Repositorio Keras. En línea: <http://keras.github.com>
13. TensorFlow playground. En línea: <http://playground.tensorflow.org>
14. NIPS. Conferencia en deep learning.
15. ICML – International Conference on Machine Learning.

|                  |                               |
|------------------|-------------------------------|
| Vigencia desde:  | Primavera 2019                |
| Elaborado por:   | Ángel Jiménez, Francisco Díaz |
| Actualizado por: | Ángel Jiménez (2022)          |
| Aprobado por:    | Comisión de Docencia.         |