

Inteligencia Artificial para Ingeniería Civil y Ambiental

Universidad de los Andes
Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental

Instructor: Prof. Mauricio Sánchez-Silva (msanchez@uniandes.edu.co)
Duración: 15 semanas | 3 horas/semana | 30 sesiones totales
Formato: 1.5 horas de teoría + 1.5 horas de taller práctico por semana

Introducción

Este curso busca estimular el uso eficiente y apropiado de la Inteligencia Artificial (IA) dentro del contexto de la Ingeniería Civil y Ambiental. El curso está construido sobre tres grandes pilares: i) Manejo de datos e información, ii) problemas de clasificación y reconocimiento de patrones, e iii) integración de aplicaciones. El curso combina aspectos teóricos y prácticos basados en datos y problemas reales de Ingeniería Civil y Ambiental. Los problemas incluyen, entre otros, temas de infraestructura, desastres naturales, uso y aprovechamiento de recursos naturales, gestión de proyectos, movilidad sostenible de Colombia y del mundo. El curso promueve la utilización de asistentes de IA (ChatGPT, Cloude, Gemini y similares) para programar en Python y construir aplicaciones con herramientas *low-code* de IA. Al final del curso, los estudiantes también aprenderán sobre plataformas de orquestación que integran modelos de IA, bases de datos y aplicaciones en sistemas unificados.

Resultados de Aprendizaje

Al finalizar el curso, los estudiantes serán capaces de:

- Explicar la taxonomía de la IA, sus aplicaciones y limitaciones en Ingeniería Civil y Ambiental.
- Usar ChatGPT/Cloude/Gemini eficazmente para generar, adaptar y validar códigos de Python.
- Acceder, gestionar, limpiar y analizar conjuntos de datos. Comunicar resultados a través de figuras, aplicaciones y flujos de trabajo integrados
- Utilizar modelos de ML supervisado y no supervisado, en problemas de clasificación.
- Comprender y experimentar con modelos de Aprendizaje Automático Informado por la Física (*Physics-Informed Machine Learning*).
- Desarrollar aplicaciones interactivas usando herramientas *low-code* de IA (Gradio, Glide, Retool). Entender y experimentar con plataformas de orquestación de IA (LangChain, Zapier AI, Power Automate).
- Comprender consideraciones éticas y requisitos de validación en el uso de IA.

Evaluación y Calificaciones

Componente	Porcentaje
Notebooks (Cuadernos) de Laboratorio Semanales (10)	35%
Exámenes parciales (20%/cu)	40%
Proyecto Final	25%

Descripción:

- Notebooks (Cuadernos de Laboratorio): Notebooks reproducibles incluyendo *prompts* de ChatGPT, código y validación
- Exámenes parciales: evaluaciones sobre aspectos teóricos del curso (Bloque Neón).
- Proyecto Final en Equipo (max 3 estudiantes): Propuesta de problema, hitos, informe final, demo de aplicación de IA o flujo de trabajo integrado

Programa detallado del Curso

Semana	Sesión	Tema	Descripción
1 Ene 21 (M)	1	Introducción al curso.	Introducción a la Inteligencia Artificial en Ingeniería Civil y Ambiental. Material: Configuración del entorno; instalación de VS Code, Python y extensiones de Jupyter.
2 Ene 26 (L)	2	Introducción a la IA Taller 1: Python, Notebooks, Aplicaciones	¿Qué es la IA? Conceptos básicos. Tipos de aprendizaje automático (supervisado, no supervisado, por refuerzo). Aspectos éticos. Futuro de la IA. Material: introducción a la programación en Python.
2 Ene 28 (M)	3	Conferencista: Prompting y uso efectivo de IA.	Práctica de <i>prompting</i> efectivo. Modelos de IA – diferencias y ventajas. Casos de aplicación. Conferencista: Profesor Luis H. Reyes.
3 Feb 02 (L)	4	Ciencia de datos – fundamentos de la IA	Caracterización de datos. Descripción, preparación y manejo de datos. Material: introducción al manejo de datos.
3 Feb 04 (M)	5	Taller 2: Manejo de Datos Parte I	Técnicas de limpieza: manejo de valores faltantes, detección de <i>outliers</i> y normalización. Estrategias para manejo de datos incompletos.

Semana	Sesión	Tema	Descripción
4 Feb 09 (L)	6	Análisis y visualización de datos. (Teoría)	Histogramas y estadística básica. Representación de datos. Consulta de datos. Datos geoespaciales. Material: introducción a la representación gráfica de datos.
4 Feb 11 (M)	7	Taller 3: Manejo de Datos Parte II - visualización	Creación de visualizaciones con matplotlib.
5 Feb 16 (L)	8	Regresión Lineal (Teoría)	Fundamentos de aprendizaje supervisado. Modelos de regresión lineal y no lineal. Métricas de evaluación: MSE, RMSE y R^2 . División de datos en conjuntos de entrenamiento y prueba. Material: fundamentación de regresiones.
5 Feb 18 (M)	9	Taller 4: Aprendizaje supervisado, Regresiones	Regresiones lineales, no-lineales, regresiones multivariadas.
6 Feb 23 (L)	10	Clasificación (Teoría)	Introducción a problemas de clasificación. Regresión logística y sus aplicaciones. Métricas de clasificación: precisión, <i>recall</i> , <i>F1-score</i> y matriz de confusión. Algoritmos de <i>clustering</i> : K-NN y K-means. Material: métodos de clasificación.
6 Feb 25 (M)	11	Taller 5: Clasificación	Taller de clasificación. Aprendizaje Supervisado y no supervisado
7 Mar 02 (L)	12	Redes Neuronales Artificiales (Teoría)	Fundamentos de redes neuronales artificiales (ANN). Perceptrón y perceptrón multicapa. Funciones de activación y algoritmo de <i>backpropagation</i> . Construcción de ANN con Keras/TensorFlow. Conceptos de arquitectura de redes neuronales. Material: ANN- fundamentos.
7 Mar 04 (M)	13	Taller 6: Redes Neuronales I	Entrenamiento y evaluación de modelos de ANN. División de datos: entrenamiento, validación y prueba. Prevención de <i>overfitting</i> : técnicas de <i>dropout</i> y regularización.
8 Mar 09 (L)	14	Taller 7: Redes Neuronales I	Taller ANN-2: <i>Backpropagation</i> ANN. Clasificación de imágenes. Material: ANN- fundamentos.
8 Mar 11 (M)	15		Primer examen parcial
			Receso (16 Marzo – 21 Marzo)
9 Mar 23 (L)			Día festivo

Semana	Sesión	Tema	Descripción
9 Mar 25 (M)	16	Preparación Proyecto final	Preparación y planeación del proyecto (teoría y taller). Formulación y planeación del proyecto. Uso Figma – planeación del proyecto. Conferencista Prof. Nelly García. Vie 27/03: Entrega avance proyecto final
			Receso de Semana Santa (30 Marzo – 03 Abril)
10 Apr 06 (L)	17	Conferencista: Información geoespacial	Manejo Datos geoespaciales. Problemas y aplicaciones utilizando IA. Conferencista: Profesor Juan Sebastián Hernández.
10 Apr 08 (M)	18	Taller 8: Manejo de Datos Geoespaciales	Introducción a GeoPandas para análisis geoespacial. Trabajo con datos de OpenStreetMap. Creación de mapas interactivos. Conferencista: Profesor Juan Sebastián Hernández.
11 Apr 13 (L)	19	Conferencista: Análisis Integración espacial	Conferencista invitado: Taller para la modelación y visualización espacial. Aplicación modelos multi-hazard y modelos sistemas de infraestructura. Conferencista: Profesor Raúl Rincón (U. Colorado at Boulder).
11 Apr 15 (M)	20	Conferencista	Conferencista invitado: innovación con IA- áreas de expansión de ingeniería Civil y Ambiental - Lab10 (<i>por definir</i>)
12 Apr 20 (L)	21	Integración de funcionalidades	Teoría elementos centrales de innovación con IA. Aplicación en Ingeniería Civil y Ambiental. Conferencista: Michael Moreno.
12 Apr 22 (M)	22	Taller 9: Integración de aplicaciones	Integración de aplicaciones. Aplicación en Ingeniería Civil y Ambiental. Conferencista: Michael Moreno.
13 Apr 27 (L)	23	Avance de proyectos	Seguimiento de proyectos. Evaluación de la implementación.
13 Apr 29 (M)	24	Adquisición de información.	Sistemas para la adquisición y procesamiento de datos de campo – principios generales.
14 May 04 (L)	25	Taller 10: Métodos adquisición de información	Sistemas para la adquisición y procesamiento de datos de campo. Aplicaciones prácticas.
14 May 06 (M)	26	Presentación de Proyectos I (Teoría y Presentaciones)	Presentaciones de proyectos finales (primera mitad de equipos).

Semana	Sesión	Tema	Descripción
15 May 11 (L)	27	Presentación de Proyectos II.	Presentaciones de proyectos finales (segunda mitad de equipos).
15 May 13 (M)	28	Presentación de proyectos III y cierre del curso	Presentaciones de proyectos finales. Retroalimentación y discusión de soluciones implementadas.
16 May 18 (M)			Día festivo
16 May 20 (M)	29		Segundo examen parcial

Conjuntos de Datos y Fuentes de Información

Fuentes Globales

- Banco Mundial – Indicadores de Desarrollo Mundial: Datos socioeconómicos, población, cobertura de infraestructura (<https://wdi.worldbank.org/>)
- División de Población de la ONU – Perspectivas de la Población Mundial: Datos históricos y proyectados (<https://population.un.org/wpp/>)
- WorldPop: Población en grillas de 100m (<https://www.worldpop.org/>)
- EM-DAT: Base de Datos Global de Desastres desde 1900 (<https://www.emdat.be/>)
- DesInventar: Datos subnacionales de pérdidas por desastres en América Latina (<https://www.desinventar.net/>)
- Copernicus GloFAS: Conciencia global de inundaciones e hidrología (<https://www.globalfloods.eu/>)
- OpenStreetMap: Carreteras, edificios, redes de transporte (<https://download.geofabrik.de/>)
- GRIP: Proyecto Global de Inventario de Carreteras (<https://datacatalog.worldbank.org/search/dataset/0038012>)
- UCI: Dataset de Resistencia a la Compresión del Concreto (<https://archive.ics.uci.edu/dataset/165/concrete+compressive+strength>)

Fuentes Colombia

- DANE: Censo, vivienda, infraestructura (<https://www.dane.gov.co/>)
- IDEAM: Clima, hidrología y conjuntos de datos de riesgo (<http://www.ideam.gov.co/>)
- Secretaría de Movilidad de Bogotá: Tráfico, accidentes, datos de TransMilenio (<https://datosabiertos.bogota.gov.co/>)

Uso de Notebooks en Visual Studio Code, Google Colab

En la primera semana, los estudiantes serán entrenados para configurar y usar Jupyter notebooks dentro de Visual Studio Code (VS Code). Los pasos incluyen la instalación de VS Code, Python y extensiones de Jupyter, crear el primer notebook *.ipynb, ejecutar código y aprender a usar ChatGPT para generar, pegar y depurar fragmentos de código. Cada celda de código debe incluir: (i) el *prompt* de ChatGPT utilizado y (ii) la explicación del estudiante sobre el código.

Bibliografía y Recursos Recomendados

Textos Principales:

1. Géron, A. (2022). Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow (3ra ed.). O'Reilly Media. ISBN: 978-1098125967
2. McKinney, W. (2022). Python for Data Analysis: Data Wrangling with pandas, NumPy, and Jupyter (3ra ed.). O'Reilly Media. ISBN: 978-1098104023
3. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep Learning. MIT Press. ISBN: 978-0262035613
Disponible online: <http://www.deeplearningbook.org>
4. Russell, S., & Norvig, P. (2021). Artificial Intelligence: A Modern Approach (4ta ed.). Pearson. ISBN: 978-0134610993
5. Jain, R. K., Dhotre, P. S., Mane, D. T., & Mahalle, P. N. (2023). Data Science for Civil Engineering: A Beginner's Guide. CRC Press. ISBN: 978-1032327808

Recursos Adicionales

- Documentación oficial de Python: <https://docs.python.org/3/>
- Documentación de VS Code: <https://code.visualstudio.com/docs>
- Documentación de Jupyter: <https://jupyter.org/documentation>
- Tutoriales de pandas: https://pandas.pydata.org/docs/getting_started/tutorials.html
- Guía de NumPy: https://numpy.org/doc/stable/user/absolute_beginners.html

Consideraciones especiales

Si usted considera que se encuentra en alguna situación especial o que requiere algún tipo de apoyo adicional puede comunicarse con el profesor o el asistente graduado del curso vía email. Recuerde que su bienestar físico y mental es lo más importante y estamos dispuestos a apoyarlo si lo requiere.

Protocolo MAAD

De acuerdo con las políticas continuas de la Universidad en torno a la diversidad y la buena convivencia, se estipula que: “el miembro de la comunidad que sea sujeto presencie o tenga conocimiento de una conducta de maltrato, acoso, amenaza, discriminación, violencia sexual o de género (MAAD) deberá poner el caso en conocimiento de la Universidad. Ello, con el propósito de que se puedan tomar acciones institucionales para darle manejo al caso, a la luz de lo previsto en el protocolo, velando por el bienestar de las personas afectadas.”

Para poner en conocimiento el caso y recibir apoyo, usted puede contactar a:

1. Línea MAAD: lineamaad@uniandes.edu.co
 2. *Ombudsperson*: ombudsperson@uniandes.edu.co
 3. Decanatura de Estudiantes: centrodeapoyo@uniandes.edu.co
 4. Red de Estudiantes: PACA (Pares de Acompañamiento contra el Acoso) paca@uniandes.edu.co
 5. Consejo Estudiantil Uniandino (CEU): comiteacosoceu@uniandes.edu.co
-