

MÉTODOS NUMÉRICOS Y LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN - EXPERIENCIAS Y DESAFÍOS

NUMERICAL METHODS AND NEW INFORMATION TECHNOLOGIES - EXPERIENCES AND CHALLENGES

Marcelo A. Cabrera Castro^{a,b}, Elías D. Ríos^{a,c} y Paula García Quenardelle^a

^a*Departamento de Ingeniería Química, Universidad Tecnológica Nacional- F.R Avellaneda. Ramón Franco 5050- Villa Dominico, Argentina, mcabreracastro@fra.utn.edu.ar, <http://www.fra.utn.edu.ar>*

^b*Universidad Nacional de Avellaneda, Departamento de Tecnología y Administración, Ingeniería en Materiales, Mario Bravo 1460, Piñeyro, Argentina, mcabrera@undav.edu.ar, <http://www.undav.edu.ar>*

^c*Universidad Nacional de Avellaneda, Departamento de Tecnología y Administración, Ingeniería en Informática, Mario Bravo 1460, Piñeyro, Argentina, edrios@undav.edu.ar, <http://www.undav.edu.ar>*

Palabras clave: Métodos Numéricos, enseñanza, diseño curricular, programación.

Resumen.

Se presentan las experiencias implementadas en el curso de Análisis Numérico Básico, resaltando el uso de herramientas tecnológicas tanto para el cuerpo docente como para los alumnos. En el marco educativo, se adoptó un enfoque de enseñanza híbrida que combinó clases presenciales con actividades en línea. Además, se desarrollaron recursos audiovisuales específicos para los alumnos, con el propósito de fortalecer sus habilidades de programación. Desde la perspectiva del estudiante, se facilitó el acceso y la utilización de recursos en la nube, como Google Colaboratory (Colab) y Overleaf, para mejorar la comprensión y aplicación práctica en problemas de la especialidad, de los métodos numéricos desarrollados en clase como por ejemplo búsqueda de raíces, optimización y ecuaciones diferenciales ordinarias. Estas plataformas permitieron a su vez fomentar y enriquecer el intercambio de información tanto de alumnos hacia docentes como entre los alumnos. La integración de estas herramientas tecnológicas en el curso amplió las capacidades de enseñanza del cuerpo docente y fomentó a los estudiantes al uso recursos innovadores para explorar y aplicar conceptos de Análisis Numérico.

Keywords: Numerical Methods, teaching, curriculum desing, programming.

The Basic Numerical Analysis course incorporated various experiences, emphasizing the use of technological tools by both faculty and students. A hybrid teaching method combining in-person classes with online activities was employed. Specific audiovisual resources were created to help students enhance their programming skills. Students were given access to cloud resources like Google Colaboratory (Colab) and Overleaf to improve their understanding and application of numerical methods such as root-finding, optimization, and ordinary differential equations. These platforms facilitated information exchange among students and faculty, as well as among students themselves. The integration of these tools expanded faculty teaching capabilities and encouraged students to utilize innovative resources for exploring and applying concepts in Numerical Analysis.

1. INTRODUCCIÓN

La asignatura Matemática Superior Aplicada se encuentra en el tercer año de la carrera de Ingeniería Química en la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Avellaneda. Este curso, de carácter anual, tiene una carga semanal de 3 horas. En él, se desarrollan los contenidos básicos de métodos numéricos (búsqueda de raíces, resolución de sistemas de ecuaciones lineales y no lineales, optimización, integración numérica, resolución de ecuaciones diferenciales ordinarias), orientados específicamente a la resolución de problemas propios de la especialidad.

La pandemia de COVID-19 y la posterior declaración del Aislamiento Social, Preventivo y Obligatorio (ASPO) por parte de las autoridades argentinas obligaron a las universidades a adaptar rápidamente sus métodos para garantizar la continuidad de las actividades académicas (Brumat, 2022). El cambio más evidente fue la transición abrupta de las clases presenciales a un formato remoto. Este ajuste presentó desafíos significativos tanto tecnológicos como pedagógicos, ya que muchas instituciones y docentes no estaban preparados para enfrentar esta transformación inesperada.

El objetivo de este trabajo es presentar las herramientas disponibles para docentes y alumnos que, en el contexto de esta situación, se vieron obligados a adoptar de forma inesperada o cuyo desarrollo se aceleró de manera forzada.

2. ANTECEDENTES

En términos de herramientas didácticas, antes de la pandemia, la asignatura se dictaba de manera tradicional, en formato de exposición priorizando el uso de la pizarra y, en ciertas ocasiones cuando era necesario (por ejemplo, para explicar código fuente, representaciones gráficas o fórmulas complejas), el uso de un proyector. En el curso de 2019, se incorporó el uso de una tableta digitalizadora acoplada al proyector, lo que permitía almacenar el contenido presentado en clase y facilitaba a los alumnos la revisión de las notas posteriormente. El lenguaje de programación seleccionado para abordar los métodos numéricos fue Python (Van Rossum y Drake, 2009). La elección de este lenguaje se debió a su independencia de software propietario, su creciente comunidad de usuarios y su integración en otras materias de la carrera (Cabrera Castro et al., 2018). La acreditación del curso se realizaba mediante dos exámenes parciales y cuatro trabajos prácticos obligatorios, que abordaban problemas típicos de Ingeniería Química (como equilibrio líquido-vapor, ecuaciones de estado, diseño de reactores, transferencia de energía, etc.) y requerían el uso de uno o varios métodos numéricos para su resolución. Los trabajos prácticos eran individuales y se entregaban con un informe en formato PDF y el código fuente funcional asociado.

En general, los alumnos suelen iniciar la materia con dificultades en programación, no logrando reconocer estructuras básicas de programación científica y enfrentando problemas en la presentación de informes, con escaso dominio de procesadores de texto (errores de formato, referencias, estilos, fórmulas). El plantel docente se esforzó en brindar soporte adicional en estas áreas (tanto en las clases y a través del material complementario), que son esenciales para el ingeniero moderno, logrando mejoras en la mayoría de los estudiantes en estas habilidades.

3. SITUACIÓN DE PANDEMIA Y RETORNO A LA PRESENCIALIDAD

El inicio del Aislamiento Social, Preventivo y Obligatorio (ASPO), mediante el decreto 297/2020, coincidió con el comienzo del ciclo académico de ese año, afectando directamente las dos primeras semanas de actividad. En general, los planteles docentes pudieron iniciar el dictado de clases remotas mediante el uso de plataformas de videoconferencia como Microsoft

Teams, Google Meet o Zoom, en sus versiones limitadas de tiempo o en servicios gratuitos como Jitsi Meet. La inestabilidad de las conexiones y las restricciones en la duración de las sesiones de videoconferencia llevaron a la universidad a adquirir licencias para la plataforma Zoom, que resultó ser adecuada para el desarrollo docente debido a la variedad de herramientas integradas, como pizarras digitales, opciones de grabación de clases, generación de salas grupales y encuestas.

Durante los primeros meses del curso, se observó una mejora significativa en las habilidades de programación de los alumnos. Esta mejora se debió a que los estudiantes podían observar con mayor claridad lo que los docentes realizaban en el Entorno de Desarrollo Integrado (IDE), en comparación con la proyección tradicional. Además, la posibilidad de grabar las sesiones permitió a los alumnos revisar el material presentado en clase ante cualquier duda. A pesar de esta mejora en las habilidades de programación, la calidad de presentación de los informes seguía siendo deficiente, como se evidenció en el primer trabajo práctico de la cursada.

Para abordar esta deficiencia, se decidió introducir el formato tipo cuadernillo o notebook de Jupyter (Kluyver et al., 2016), que permite integrar en un mismo entorno código fuente en Python, texto y fórmulas matemáticas en LaTeX. El 55 % de los trabajos prácticos posteriores fueron presentados en este formato híbrido (ver Fig. 1). Una ventaja notable de este formato (.ipynb) es que puede ejecutarse en la nube mediante el servicio Google Colaboratory (Colab) <https://colab.research.google.com>, que requiere únicamente una conexión a internet y una cuenta de correo habilitada (Gmail). En su versión gratuita, Google Colaboratory ofrece recursos virtuales de 12 GB de memoria RAM y un almacenamiento de 100 GB, requisitos más que suficientes para resolver los problemas propuestos en el curso. Además, un 20 % de los informes fueron desarrollados íntegramente en LaTeX. Para apoyar a los alumnos interesados en profundizar sus conocimientos en esta herramienta, se proporcionaron videotutoriales que abarcaban desde la instalación local de la plataforma y el editor hasta el uso de procesadores LaTeX en línea como Overleaf <https://es.overleaf.com/>. Estos recursos permitieron a los estudiantes familiarizarse con LaTeX y mejorar la presentación de sus informes, contribuyendo al desarrollo de habilidades adicionales de reporte.

El curso del año 2021 tuvo un inicio durante tres meses con clases remotas exclusivamente y posteriormente se habilitó la asistencia para consultas durante una clase mensual durante el resto del ciclo. Para este curso, se consolidó la adaptación a los *notebooks* de Jupyter y LaTeX. El dictado del curso 2023 inició con plena presencialidad, sin embargo se generó un acuerdo con los alumnos para que las clases donde se presentarán herramientas informáticas sean de tipo remotas, para poder realizar la grabación de las mismas de forma directa. Esta modalidad continúa actualmente.

4. ACTUALIDAD Y DESAFÍOS

En 2020, la Universidad Tecnológica Nacional (UTN), a través de la Resolución 1753/2020 del Consejo Superior, inició un proceso de adecuación de los planes de estudio en conformidad con la Resolución 1254/2018 del Ministerio de Educación, que definió las actividades reservadas para las distintas disciplinas de la ingeniería. El cambio fundamental ha sido la implementación de un enfoque basado en competencias, centrado en el proceso de aprendizaje del estudiante y estableciendo nuevos criterios para el diseño curricular y la evaluación, no solo en la adquisición de conocimientos, sino también en su aplicación práctica (CONFEDI, 2018). Específicamente, en nuestro caso, esto ha implicado la redefinición de los objetivos y los contenidos mínimos del curso, así como una reducción del 25 % en la carga horaria del mismo, como se ilustra en la Fig. 2. Actualmente, estamos adaptando los contenidos de la materia al nuevo

La primer parte del programa define las funciones necesarias para el cálculo del factor de fricción. Para un cálculo más práctico, se hace el siguiente cambio de variables:

$$x = \frac{1}{\sqrt{f}} \quad ; A = \frac{e/D}{3.7} \quad ; B = \frac{2.51}{Re}$$

Quedando la expresión:

$$y(x) = x + 2\log(B \cdot x + A) = 0$$

A partir de la cual se puede aplicar un método iterativo para hallar los valores de factor de fricción en la zona de flujo turbulento. En este caso se utiliza el método de Newton- Raphson, cuya formulación iterativa es la siguiente:

$$x^{i+1} = x^i - \frac{f(x^i)}{f'(x^i)}$$

La función derivada en este caso:

$$y'(x) = 1 + \frac{2}{A + B \cdot x} \cdot \frac{B}{\ln(10)}$$

Con este método podemos encontrar los valores del factor de fricción, se eligió ff=0,5 como valor inicial de la iteración.

```
[ ] import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import pandas as pd

[ ] def laminar(Re): #Ecuación de flujo laminar
return 64/Re

[ ] def turbulento(Re,rugosidad_relativa): #Ecuación para el flujo turbulento
ff=0.5
# x=1/np.sqrt(ff)
a=rugosidad_relativa/3.7
b=2.51/Re

def f(x):
return x+2*np.log10(b*x+a)
def f_p(x):
return 1+2*b/(a+b*x)*np.log(10)

def newton_raphson(x,f,f_p):
tol=1e-12
h=f(x)/f_p(x)
while abs(h)>=tol:
h=f(x)/f_p(x)
x=x-h
return x

raiz=newton_raphson(ff,f,f_p)
resultado=(1/raiz)**2

return resultado
```

Figura 1: Ejemplo de trabajo presentado por un alumno.

plan de estudios e implementando cambios en el método de acreditación del curso.

Otro de los cambios notables es la aparición y el uso cada vez más extendido de esquemas de Inteligencia Artificial Generativa (IA-GEN) (Galli y Kanobel, 2023). Estos sistemas, basados en redes neuronales de aprendizaje profundo extremadamente complejas, con miles de millones de parámetros, se entrenan utilizando grandes bases de datos textuales (como Wikipedia) y adquieren la capacidad de realizar tareas de manera generalizada. Una de sus aplicaciones más destacadas es la redacción de textos de una calidad tan alta que es difícil para una persona detectar su origen artificial.

El nivel de refinamiento de estos sistemas es tal que, por ejemplo, se introdujo en el modelo de IA ChatGPT (OpenAI, 2024) en su versión GPT-4 <https://chat.openai.com/> el enunciado de un trabajo práctico, y este lo resolvió sin errores, generando incluso los códigos fuente correspondientes. Este hecho ha llevado a reconsiderar el esquema de acreditación, proponiendo que la evaluación de los trabajos prácticos no solo consista en la entrega del informe y del código fuente, sino que también incluya una defensa presencial del trabajo realizado. Este es un ejemplo de cómo una nueva tecnología, sumamente potente, refinada y accesible, puede tener un

Carrera: INGENIERÍA QUÍMICA
Asignatura: MATEMÁTICA SUPERIOR APLICADA
 Departamento: Ingeniería Química
 Bloque: Ciencias Básicas
 Área: Matemática

N° de orden: 16
 Horas/sem: 3
 Horas/año: 96

Objetivos:

Que los alumnos sean capaces de analizar el comportamiento de sistemas mediante la formulación de modelos y la aproximación numérica necesaria en la simulación de los mismos, enfatizando en la aplicación de dichos modelos a la resolución de problemas de la especialidad.

Contenidos Sintéticos

- • Funciones de variable compleja.
- • Series y transformadas de Fourier.
- • Transformada de Laplace
- • Solución de sistemas lineales
- • Solución de sistemas no lineales.
- • Integración numérica.

| | | | |
|--|-----------------------------------|------------------|----|
| Carrera: | INGENIERÍA QUÍMICA | N° de orden: | 19 |
| Asignatura: | Matemática Superior Aplicada | Horas semanales: | 3 |
| Departamento: | Ingeniería Química | Horas: | 72 |
| Bloque: | Ciencias básicas de la ingeniería | Nivel: | 3 |
| Área: | Matemática | RTF: | 4 |
| Objetivos | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Formular modelos matemáticos para el análisis del comportamiento de sistemas en estado no estacionario mediante la aproximación numérica necesaria. | | | |
| Contenidos mínimos | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Funciones de variable compleja. • Series y transformadas de Fourier. • Transformada de Laplace. • Solución de sistemas de ecuaciones diferenciales. | | | |

Figura 2: Asignatura según plan de estudios previo (izquierda) y nuevo plan de estudios (derecha)

impacto en términos de ética profesional (Galli et al., 2024), especialmente si se recurre a ella para generar contenido sin la debida atribución o sin una supervisión crítica adecuada.

El uso de la inteligencia artificial (IA) en el ámbito académico plantea riesgos considerables, entre los cuales destaca la posibilidad de que algunos investigadores o estudiantes desarrollen una dependencia excesiva de estas tecnologías para la producción de textos o la interpretación de datos. Esta dependencia podría resultar en una disminución del rigor científico, la propagación de información incorrecta o engañosa, y la eventual erosión de la integridad académica. Al confiar en la IA sin un análisis crítico de los resultados, existe el riesgo de que los trabajos académicos pierdan la profundidad y precisión que caracterizan a la investigación de calidad. Además, la aplicación indiscriminada de estas herramientas tecnológicas podría facilitar el plagio involuntario, ya que los usuarios podrían reproducir información generada por la IA sin un adecuado proceso de verificación y cita de las fuentes originales. Esto también podría promover la utilización de fuentes no verificadas o de dudosa fiabilidad, comprometiendo gravemente la calidad y originalidad del trabajo científico producido. Estos riesgos subrayan la imperativa necesidad de fomentar un uso ético y responsable de la inteligencia artificial, en el que estas herramientas se utilicen como un complemento al pensamiento crítico y a la investigación rigurosa, en lugar de ser vistas como un reemplazo de estos procesos fundamentales. Es crucial que los usuarios de la IA mantengan una actitud crítica y reflexiva, verificando y contextualizando la información generada por estas herramientas para preservar la integridad académica.

Sin embargo, es importante reconocer que la inteligencia artificial conversacional también ofrece oportunidades significativas en el contexto de la educación universitaria, tanto para los estudiantes como para los docentes. Por un lado, esta tecnología facilita el acceso a información actualizada y relevante de manera inmediata, lo que puede enriquecer el proceso de aprendizaje y fomentar la autonomía de los estudiantes. Para los alumnos, la IA puede actuar como una herramienta de aprendizaje complementaria, proporcionando explicaciones adicionales, ejemplos prácticos, y apoyo en la resolución de dudas fuera del horario de clases, lo que contribuye a potenciar un aprendizaje más autónomo y continuo. Esta capacidad de la IA para ofrecer recursos educativos personalizados puede ser especialmente beneficiosa para estudiantes que buscan reforzar su comprensión de temas complejos o que requieren apoyo adicional fuera del entorno tradicional de clase. Por otro lado, para los docentes, la inteligencia artificial puede constituir un recurso valioso para optimizar la preparación de materiales educativos, la generación de ideas

innovadoras, y la asistencia en la corrección de trabajos académicos, permitiendo así que los educadores se concentren más en la enseñanza personalizada y en el desarrollo de habilidades críticas en sus estudiantes. Además, la IA puede ayudar a identificar patrones de aprendizaje en los estudiantes, lo que permite a los docentes adaptar sus estrategias pedagógicas para satisfacer mejor las necesidades individuales de los alumnos. En conjunto, la integración de esta tecnología en el entorno educativo tiene el potencial de enriquecer y dinamizar el proceso educativo, haciéndolo más interactivo y adaptado a las necesidades contemporáneas, y preparando a los estudiantes para un mundo cada vez más influenciado por la tecnología.

REFERENCIAS

- Brumat M. *Nuestras universidades públicas argentinas frente a la pandemia COVID-19*. EDU-PA, 2022.
- Cabrera Castro M., Gatto M., y Ríos E. Integración a ingeniería química de un curso de análisis numérico. *Mecánica Computacional*, 32:1019–1028, 2018.
- CONFEDI. *Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería en la República Argentina- Libro Rojo de CONFEDI*. Universidad FASTA Ediciones, 2018.
- Galli M.G. y Kanobel M.C. ChatGPT en Educación Superior: explorando sus potencialidades y sus limitaciones. *Revista Educación Superior y Sociedad (ESS)*, 35(2):174–195, 2023. ISSN 2610-7759, 0798-1228. doi:10.54674/ess.v35i2.815.
- Galli M.G., Kanobel M.C., Chaparro A., Ithurralde P., y Pavelek I. Integridad académica y uso de inteligencia artificial generativa: Desafíos éticos para la educación del siglo xxi. *I Congreso Internacional de Inteligencia Artificial y Educación*, 2024.
- Kluyver T., Ragan-Kelley B., Pérez F., Granger B., Bussonnier M., Frederic J., Kelley K., Hamrick J., Grout J., Corlay S., Ivanov P., Avila D., Abdalla S., y Willing C. Jupyter notebooks – a publishing format for reproducible computational workflows. En F. Loizides y B. Schmidt, editores, *Positioning and Power in Academic Publishing: Players, Agents and Agendas*, páginas 87 – 90. IOS Press, 2016.
- OpenAI. *ChatGPT*, 2024. Versión de GPT-4.
- Van Rossum G. y Drake F.L. *Python 3 Reference Manual*. CreateSpace, Scotts Valley, CA, 2009. ISBN 1441412697.