

**NUEVAS ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE
EN LA ASIGNATURA MÉTODOS NUMÉRICOS DE LA
FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA DEL ROSARIO,
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA ARGENTINA**

**NEW TEACHING-LEARNING STRATEGIES IN THE SUBJECT NUMERICAL
METHODS OF THE FACULTY OF CHEMISTRY AND ENGINEERING OF
ROSARIO, PONTIFICAL CATHOLIC UNIVERSITY OF ARGENTINA**

Luciano Ponzellini Marinelli^{a,b}

^a*Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario,
Av. Pellegrini 250, (S2000BTP) Rosario, Argentina, luciano@fceia.unr.edu.ar*

^b*Facultad de Química e Ingeniería del Rosario, Pontificia Universidad Católica Argentina,
Av. Pellegrini 3314, (S2002QEO) Rosario, Argentina, ponzellini@uca.edu.ar*

Palabras clave: Métodos numéricos, enseñanza-aprendizaje, actividad teórico-práctica, aprendizaje basado en problemas.

Resumen. La enseñanza de Métodos Numéricos actualmente es una parte fundamental de la educación superior matemática para las carreras de Ingenierías en las Universidades. En este trabajo se presenta una innovadora propuesta de enseñanza-aprendizaje para la asignatura Métodos Numéricos de la Facultad de Química e Ingeniería del Rosario, Pontificia Universidad Católica Argentina. La propuesta se enfoca en una metodología práctica que intenta lograr respuestas en la resolución de distintos tipos de problemas de ingeniería. Se constituye un acercamiento a una estrategia de aprendizaje basado en problemas en la cual a partir de la adecuada mediación pedagógica y su correspondiente inserción en la propuesta didáctica diseñada, se brinda la posibilidad de aplicar la disciplina a problemas de interés ingenieril.

Keywords: Numerical Methods, teaching-learning, theoretical-practical activity, problem-based learning.

Abstract. Currently, teaching Numerical Methods is a fundamental part of advanced mathematical education for Engineering careers at the Universities. This paper presents a new teaching-learning proposal for the subject Numerical Methods of the Faculty of Chemistry and Engineering of Rosario, Pontificia Universidad Católica Argentina. This focuses on a practical methodology that tries to achieve answers in solving different types of engineering problems. An approach to a problem-based learning strategy is constituted in which from the adequate pedagogical mediation and its corresponding insertion in the designed didactic proposal, it is offered the possibility of applying the discipline to problems of engineering interest.

1. INTRODUCCIÓN

En las carreras de Ingeniería Química e Ingeniería Industrial de la Facultad de Química e Ingeniería del Rosario, Pontificia Universidad Católica Argentina (UCA), actualmente se imparte la asignatura de Métodos Numéricos de duración semestral perteneciente al primer semestre del tercer año de ambas carreras. Entre sus objetivos, esta asignatura pretende que los estudiantes adquieran conocimientos básicos de los métodos de cálculo numérico por computadora y desarrollen destreza en el uso de lenguajes de programación. A su vez, pretende que analicen y revisen los conceptos matemáticos desde la perspectiva de una implementación numérica computacional, donde el problema numérico que describe un modelo matemático sea resuelto en la computadora. Asimismo, espera que los estudiantes adquieran conocimientos sobre programación de técnicas numéricas que son de utilidad en materias posteriores de la carrera para resolver problemas aplicados.

Las clases incluyen la exposición y explicación por parte de los docentes de contenidos tanto teóricos como prácticos indicados en las unidades temáticas, aunque, debido al carácter aplicado de los temas, la exposición de los métodos va acompañada de su puesta en acción sobre ejemplos vinculados a distintas disciplinas específicas.

Durante las clases teórico-prácticas los alumnos asumen un rol activo al discutir la propuesta de solución a la problemática que se plantea y al utilizar las herramientas computacionales adquiridas para verificar los resultados obtenidos.

Las actividades prácticas de la asignatura están orientadas al trabajo computacional. Abarcan la resolución de problemas numéricos, con énfasis en métodos eficientes desde el punto de vista de la complejidad, el tiempo de ejecución y el criterio del usuario sobre la precisión de resultados obtenidos en problemáticas aplicadas.

Los prácticos incluyen la elaboración de ideas para abordar consignas específicas, la formalización de estas y su ejecución. Tienen dos instancias de resolución: en un comienzo son de carácter individual y en laboratorio para incentivar la reflexión y resolución personal y el análisis; y, hacia el final de la asignatura, se propone un coloquio de defensa de un trabajo integrador aplicado de carácter grupal para estimular el estudio colaborativo. Con esto se propicia la interacción entre el profesor y los estudiantes universitarios a partir de interrogantes, con especial seguimiento del trabajo de cada grupo de uno o dos alumnos y su evolución en el aprendizaje.

Esto constituye un acercamiento a una estrategia conocida como Aprendizaje Basado en Problemas (ABP, del inglés, *problem-based problem*), un método de enseñanza innovador en el que se utilizan problemas complejos del mundo real para promover el aprendizaje de conceptos y principios por parte de los estudiantes, en contraposición a la exposición directa o unidireccional de conceptos. A través de este aprendizaje se puede promover el desarrollo del pensamiento crítico, la capacidad de resolución de problemas y las habilidades de comunicación. Este es un esquema inverso al enfoque de enseñanza tradicional, porque primero se discute el problema de aplicación, se identifican las necesidades, se busca la información requerida y, por último, se vuelve al problema con estas herramientas para abordarlo. Los estudiantes se convierten en protagonistas del aprendizaje, mientras que los docentes asumen el papel de guías o tutores. Este proceso educativo se asemeja a un futuro ámbito profesional y la práctica individual se complementa con el trabajo grupal tanto a la hora de investigar y buscar información como al momento de buscar una solución al problema planteado (Barrows et al., 1980).

El objetivo de este trabajo es el de compartir con la comunidad educativa de métodos numéricos la experiencia de la implementación en la asignatura de esta nueva estrategia de enseñanza-aprendizaje, ABP, y explorar sus potencialidades y limitaciones.

1.1. Objetivos

Entre los objetivos que se plantean en el uso de esta nueva estrategia de enseñanza-aprendizaje en la asignatura Métodos Numéricos, están:

- Adquirir conocimientos, actitudes y habilidades con base en la resolución de problemas reales usando métodos numéricos.
- Desarrollar la capacidad de aprender e implementar métodos numéricos de forma autónoma.
- Definir un problema numérico determinado e identificar el método numérico adecuado a dicho problema.

2. PROPUESTA DIDÁCTICA

2.1. Un acercamiento al Aprendizaje Basado en Problemas

La educación en la disciplina métodos numéricos debe entenderse en constante cambio y adecuarse al creciente desarrollo de la ciencia y tecnología. Por eso es necesario la incorporación de la asignatura a los planes de estudios de las carreras de ingeniería, la actualización de los programas curriculares y la introducción de nuevas estrategias aplicadas al proceso enseñanza-aprendizaje. Las metodologías diseñadas para este fin tienen su fuente en investigaciones educativas, cuyos resultados ocupan espacio en la literatura y en publicaciones especializadas.

Muchas prácticas educativas y experiencias didácticas pueden encontrarse en las actas del Congreso sobre Métodos Numéricos y sus Aplicaciones. Particularmente, desde el ENIEF 2011, la sesión Enseñanza de los Métodos Numéricos y sus Aplicaciones tiene como objeto generar un espacio de discusión sobre la disciplina en carreras de grado y posgrado. Sin embargo, existen pocos antecedentes de trabajos sobre la enseñanza de Métodos Numéricos en la Universidad Nacional de Rosario ([Severin y Ponzellini Marinelli, 2013](#); [Venier y Trivisonno, 2018](#)) y en la Universidad Católica de Argentina, Rosario. Este trabajo pretende avanzar en abordar una práctica educativa en la disciplina.

Hemos acercado a nuestro trabajo la metodología de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP, del inglés Problem Based Problem). Esto no es simplemente un método para facilitar el aprendizaje, sino que representa una interpretación particular del proceso enseñanza-aprendizaje, diferente, al propuesto por la didáctica tradicional centrado en las clases magistrales, focalizando el proceso de enseñanza en el estudiante. Desde la metodología ABP, quien aprende es considerado un sujeto activo, y, quien enseña, orienta, facilita y estimula, para que el estudiante sea protagonista de su propio proceso de aprendizaje y sea este significativo. Se elaboran preguntas relacionadas con contenidos que puedan aplicarse y traducirse a casos concretos. Se contemplan una serie de actividades basadas en la resolución de problemas vinculados a esas preguntas. Esto convierte los contenidos en un saber situado y abre un proceso de investigación por parte de los estudiantes dotado de sentido para ellos. Se acompaña y guía el conocimiento, pero también se promueve que trabajen con autonomía, compromiso y cooperación. Se apunta a la elaboración de un producto final para ser compartido. Esta metodología permite a los estudiantes un acercamiento al diseño curricular con sentido y significado.

La evaluación también debe resignificarse. Al trabajar con esta metodología, promovemos formas de evaluar que sean colaborativas y situadas, con tareas que impliquen desafíos cognitivos para los estudiantes, y que estos puedan organizar y supervisar su propio aprendizaje.

2.2. Ideas centrales de nuestra metodología

Entre las ideas principales se destacan:

- Incorporación de la tecnología como herramienta en la búsqueda de información.
- Adquisición de criterios para el uso eficiente de la literatura científica, selección correcta de consulta y aplicación en la toma de decisiones.
- Integración de las ciencias básicas como la Matemática, la Física y la Química y las asignaturas aplicadas de los ciclos superiores de los planes de estudio, en lugar de asignaturas aisladas con diseños curriculares independientes.
- Utilización de problemas prácticos y aplicados para la evaluación en reemplazo del aprendizaje aleatorio y el predominio de la evaluación escrita.

2.3. Contenidos

La asignatura contiene las siguientes unidades temáticas:

- Introducción a Matlab/Octave/Scilab.
- Errores en los métodos numéricos.
- Resolución de sistemas lineales: métodos directos.
- Resolución de sistemas lineales: métodos iterativos.
- Aproximación de raíces.
- Sistemas de ecuaciones no lineales.
- Aproximación de funciones.
- Derivación e integración numérica.
- Ecuaciones diferenciales ordinarias.

2.4. Entornos de trabajo

El desarrollo áulico de la clase se realiza de manera híbrida en el laboratorio con computadoras de escritorio tipo I7 y/o laptops personales. En la asignatura se disponen de distintos softwares para la implementación de métodos numéricos como Matlab ([Moler, 2023](#)), Octave-GNU ([Eaton y Lilge, 2023](#)), Scilab ([Scilab, 2023](#)), Fortran ([Backus y IBM, 1957](#)). El estudiante tiene la posibilidad de optar por cualquiera de estos lenguajes para las actividades prácticas de laboratorio. Las funciones y los scripts usados en la asignatura son provistos desde la cátedra a los estudiantes en el campus de la asignatura para que estos no tengan que programar un algoritmo en su totalidad.

2.5. El enfoque de la asignatura

Los modelos matemáticos son herramientas para resolver problemas científicos que se presentan en las distintas ciencias, en la industria, en la gestión pública o privada, entre otros. Usando leyes generales de la física, química, economía se obtienen ecuaciones que modelan el problema en estudio. Para modelar el problema, se hacen simplificaciones, por lo que el modelo matemático no describe exactamente la realidad. No siempre podemos hallar analíticamente soluciones exactas de nuestros problemas, por ende tenemos que recurrir a una solución aproximada del problema. Para construir esas soluciones aproximadas necesitamos desarrollar, implementar y validar los métodos numéricos. Para resolver problemas reales, hoy se necesita la contribución de muchos especialistas de distintas disciplinas o áreas, por tanto las respuestas que produce el modelo deben ser validados y comparados con resultados experimentales.

En la modelación y resolución de un problema formulado matemáticamente contribuyen muchos especialistas a lo largo de años de trabajo, investigación y experimentación. Para modelar se hacen simplificaciones de modo que podamos resolver el problema en cuestión, por lo que el modelo matemático no puede describir exactamente la realidad que se observa. Por eso, muchas veces las respuestas a los modelos deben validarse con resultados experimentales y observables en los mismos fenómenos.

Muchas veces sucede que no podemos hallar analíticamente las soluciones exactas a nuestros problemas matemáticos, por ende tenemos que recurrir a una solución aproximada del problema. Las aproximaciones numéricas introducidas al modelo matemático ahora reemplazarán el problema matemático por un problema numérico. Un problema numérico es una descripción clara y sin ambigüedades que relaciona datos de entrada con datos de salida. Estos datos consisten en un número finito de cantidades reales. Entonces, necesitamos reemplazar nuestro problema matemático por un problema numérico. Es decir, que a partir de cuestionar los problemas científicos, complejizamos los modelos matemáticos, de esta manera obtenemos aproximaciones numéricas como respuestas a los problemas del mundo real.

Ahora bien, para construir estas soluciones aproximadas necesitamos desarrollar, implementar y validar los métodos numéricos que usaremos. Es decir, un problema numérico determinado necesita ser resuelto por un algoritmo o método numérico apropiado. Un algoritmo es una descripción completa de un número finito de operaciones bien definidas para un problema numérico dado, a través de las cuales cada vector de datos de entrada es transformado en un vector de datos de salida. Estos algoritmos son desarrollados teóricamente, implementados computacionalmente en algún lenguaje o código de programación (Matlab, Octave, SciLab, Fortran u otro) y testeados numéricamente. Los mismos nos permiten simplificar procedimientos y cálculos matemáticos en la computadora.

Dado que la computadora está compuesta por dispositivos que realizan operaciones lógicas y aritméticas, los procedimientos matemáticos deben simplificarse de tal manera que sean accesibles para ser procesados por una computadora. Éste es uno de los objetivos principales del área de estudio de los Métodos Numéricos. Según L.N. Trefethen y D. Bau en *Numerical Linear Algebra* (Trefethen y Bau, 2022) una respuesta equivocada es que el Análisis Numérico es el estudio de los errores de redondeo y de la aritmética de punto flotante mientras que una respuesta más acertada sería que es el estudio de algoritmos para problemas de la matemática continua, aún cuando la mayoría de los problemas de la matemática continua, no pueden ser resueltos por algoritmos finitos.

2.6. Bibliografía utilizada

Además de las lecturas propias de la asignatura, el curso posee dos libros centrales de seguimiento, las versiones en español de los textos (Mathews y Fink, 2000) para el desarrollo de la asignatura y (Etter, 1998; Chapra y Canale, 2003) de consulta para el trabajo integrador aplicado final.

De manera complementaria, se utilizan los textos en inglés para consulta bibliográfica de (Trefethen y Bau, 2022) sobre álgebra lineal numérica, (Conte y de Boor, 2018) sobre análisis numérico, (Golub y Van Loan, 2013) sobre álgebra matricial, (Kelley, 2003) sobre solución numérica de raíces y (Moler, 2004) sobre Matlab.

2.7. Características del trabajo integrador aplicado final

La evaluación final consiste en la presentación de un problema de aplicación a las ingenierías que involucre la resolución de un problema numérico con uno o varios métodos numéricos. Estos métodos pueden ser aquellos vistos en el cursado de la asignatura o bien pueden incorporarse o desarrollarse nuevas técnicas numéricas. El informe final escrito de dicho trabajo constará de a lo sumo diez páginas incluyendo carátula. A su vez, la evaluación consiste en la defensa con la presentación en diapositivas que se realiza proyectando ante los docentes de la asignatura en forma presencial y en grupos de a lo sumo dos integrantes. La duración de dicha presentación es de quince minutos y luego un tiempo de preguntas sobre la presentación misma que involucre conceptos de métodos numéricos desarrollados. Una vez finalizada esta presentación se define la nota final de la asignatura. Tanto la presentación como el trabajo escrito tienen que enviarse antes de su defensa junto con los scripts (.m/.sce) y funciones (.m/.sci) usadas.

Estas pautas para el trabajo integrador son presentadas al comienzo de la asignatura junto con el programa y con el cronograma. Anticiparles el recorrido que realizarán los ordena para que, durante el cursado, orienten sus lecturas a problemas reales que puedan abordar para resolver numéricamente. A estos fines se disponen de consultas para seguimiento del trabajo. En la instancia final, se los invita a reflexionar sobre su propio proceso de aprendizaje, es decir, no es una mera instancia donde se constaten contenidos sino que representa un desafío cognitivo, pues es el resultado de una construcción de conocimientos problematizados durante el semestre a partir de preguntas significativas.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el cursado de la asignatura Métodos Numéricos para las carreras de Ingeniería Química e Ingeniería Industrial de la UCA sede Rosario en el periodo 2022 y 2023, se han planteado distintos trabajos integradores que abordan distintos tópicos de la asignatura, como la aproximación de raíces, la resolución numérica de sistemas de ecuaciones lineales o la aproximación de ecuaciones diferenciales. Todos estos proyectos provienen de propuestas innovadoras planteadas por los grupos y que surgen de problemas de aplicaciones reales, de modelos propios de otras asignatura de la carrera, o bien de la bibliografía recomendada.

Entre estos trabajos cabe destacar algunos de los siguientes títulos:

- *Mecánica de fluidos: análisis de caída de presión en una tubería*. Aplicación a la Mecánica de fluidos usando Octave, 2023.

En este proyecto se estudió la caída de presión en una tubería, esto es, la disminución de la presión del fluido a medida que este fluye en la tubería. A medida que el fluido se mueve, la energía del flujo se convierte en energía de presión y energía cinética, y parte de

esta energía se disipa debido a la fricción interna con las paredes de la tubería. Este es un aspecto del análisis del flujo de fluidos en tuberías, un fenómeno presente en numerosos sistemas, infraestructuras y procesos e industrias, como en la distribución de agua potable, la extracción y transporte de petróleo y gas, la refrigeración en sistemas de climatización, entre otros. El objetivo fue optimizar el diseño y operación de las tuberías para garantizar un transporte eficiente y seguro de los fluidos donde se estudiaron conceptos como flujo laminar y turbulento, pérdida de carga, número de Reynolds, entre otros, que son ajenos a los contenidos específicos de la asignatura. Los métodos numéricos utilizados para resolver la ecuación de Colebrook fueron Newton-Raphson y el método de Falsa posición. En este caso, se utilizó el software Octave para implementar los métodos numéricos.

- *Fuerzas e interacciones causa-efecto asociadas a una armadura estáticamente determinada.* Aplicación a la Ingeniería Civil usando Octave, 2023.

En este proyecto se abordaron problemas planteados en la Ingeniería Civil, en particular, se consideran dos armaduras estáticamente determinadas donde se deben calcular las interacciones causa-efecto entre las fuerzas que interactúan con su integridad estructural. Para esto se modeló mediante sistemas lineales y se recurrió a los algoritmos de eliminación gaussiana, factorización indirecta LU, método de Cholesky y método iterativo de tipo Krylov conocido como GMRES (del inglés, Generalized Minimal Residual Method).

- *Aplicación de métodos numéricos para problema del cálculo de aceleración de aviones impulsados por UDF.* Aplicación a la Ingeniería Aeronáutica usando Scilab, 2023.

En este proyecto se eligió el problema del cálculo de la velocidad de aviones con motores turbohélice o UDF (del inglés, Unducted Fan). Estos motores no basan su ciclo operativo en la producción del empuje directamente del chorro de gases que circula a través de la turbina, sino que la potencia que producen se emplea en su totalidad para mover una hélice, y es esta la que genera la tracción para propulsar la aeronave. Este problema se modeliza mediante la resolución de ecuaciones diferenciales ordinarias y su posterior cálculo de aceleración instantánea. Es un problema complejo para resolverlos a mano, tanto por la resolución de la ecuación diferencial y el posterior cálculo de las velocidades. Por lo tanto, se eligieron los algoritmos de Euler, Heun y Runge-Kutta para obtener resultados en Scilab.

- *Determinación de concentraciones molares a partir de datos espectrofotométricos.* Aplicación a la Ingeniería Química usando Octave, 2023.

En este proyecto se buscó calcular las concentraciones molares de una mezcla compuesta por cinco componentes en solución a partir de los datos espectrofotométricos y realizar sus respectivos espectros de absorción. La espectrofotometría es una técnica analítica utilizada en los laboratorios basada en medir cuánta luz absorbe una sustancia química, a partir de la intensidad cuando un haz luminoso de una longitud de onda determinada pasa a través de la muestra (en forma de solución), con base en la ley de Beer-Lambert. Esta medición es útil dado que también puede utilizarse para medir la cantidad y concentración de un producto químico conocido en una sustancia. Debido a que se modeló el problema y se resolvió como un sistema de ecuaciones lineales los métodos directos implementados fueron la eliminación gaussiana, la factorización LU, su variante Doolittle, el método de Cholesky y la función intrínseca `lindsolve` de Octave.

- *Modelo de extensión de epidemia Covid-19. Aplicación a Epidemiología en Octave, 2023.*

En este proyecto se trató de entender y simular la dinámica y evolución de una enfermedad infecciosa entre una población conocida como epidemia. En particular, se estudiaron modelos matemáticos y sus correspondiente soluciones computacionales que permitan determinar la propagación de la epidemia COVID-19, conocida como la enfermedad por coronavirus, del virus SARS-CoV-2. En base a datos extraídos que refieren a testeos de la provincia de Santa Fe desde la semana 7 hasta la semana 17 del año 2021, se buscó modelar y resolver las ecuaciones correspondientes usando las herramientas de la asignatura, implementando el método numérico de Euler y de Runge-Kutta para simular el comportamiento de los testeos positivos tomados en dichas semanas. También se abordó el modelo clásico de Kermack y McKendrick (1927) conocido como Modelo SIR (Susceptible-Infectado-Recuperado) que es un caso especial de modelos epidemiológicos más generales en la propagación de enfermedades infecciosas en una población. Para esto, se deben conocer los valores de las tasas de propagación, que son parámetros que varían según la enfermedad y la interacción entre los individuos en la población determinada.

- *Aplicación del método Newton-Raphson para distintas ecuaciones de estado. Aplicación a la Ingeniería Química usando Octave, 2023.*

En este proyecto se planteó la resolución de una problemática relacionada a la fisicoquímica de los gases para resolver ecuaciones de estado. Estas son ecuaciones constitutivas para sistemas termodinámicos en equilibrio que describen el estado de agregación de la materia como una relación matemática entre la temperatura, la presión, el volumen, la densidad, la energía interna y posiblemente otras funciones de estado asociadas con la materia. En particular, en este trabajo se abordaron los modelos matemáticos de las ecuaciones de estado de Van der Waals (1873), Redlich-Kwong (1949) y Soave (1972) usando los métodos numéricos de Newton-Raphson, el método de bisecciones y algunas funciones intrínsecas de Octave como `fzero` con el objetivo de realizar comparaciones de precisión y eficiencia.

- *Obtención del peso molecular de proteínas a partir de un producto matricial. Aplicación a la Ingeniería Química usando Octave, 2022.*

Este proyecto tuvo como objetivo abordar un problema de la ingeniería genética usando álgebra matricial. Una proteína está formada por macromoléculas en cadenas lineales de aminoácidos. Para este problema, se supuso que se ha identificado la secuencia de aminoácidos de una molécula de proteína y se deseó calcular el peso molecular de la molécula de proteína. En esta caso se usaron nociones del cálculo numérico como el producto matricial adecuado y el producto interno en Octave.

- *Aplicación de métodos directos en la resolución de un problema fisicoquímico para la destilación de una mezcla. Aplicación a la Ingeniería Química usando Scilab, 2022.*

Para la realización de este proyecto se desarrolló un problema de aplicación en el campo de la ingeniería química buscando una solución aproximada mediante la resolución de sistemas de ecuaciones lineales usando métodos directos y métodos iterativos usando Scilab. El problema consistía de una destilación fraccionada de una mezcla, problema común en el ámbito de la fisicoquímica cuando es necesario separar soluciones de sustancias volátiles con distintos puntos de ebullición. En el mismo se planteó como incógnita la cantidad de benceno en cada plato de la columna de fraccionamiento.

- *Balace de materia en reactores químicos.* Aplicación a la Ingeniería Química usando Scilab, 2022.

En este proyecto final se escogió un problema ubicado en el área de aplicación de la Ingeniería Química para poder situar conocimientos adquiridos en un contexto cercano a la futura realidad del ingeniero químico. Se utilizaron los métodos de factorización LU y de aproximación de Euler en Scilab para resolver un problema de balance de materia con cinco reactores interconectados o acoplados. En este caso, se plantearon cinco ecuaciones de balance de masa para así lograr caracterizar el sistema en estado estacionario y luego cinco ecuaciones diferenciales para poder observar su dinámica a través del tiempo.

- *Determinación de volúmenes específicos en gases.* Aplicación a la Ingeniería Química usando Scilab, 2022.

Para este proyecto se escogió un problema real situado en el área de aplicación de Ingeniería Química donde una empresa desea costear la masa de gases que se utilizarán en cilindros como extintores de nitrógeno o tubos de oxígeno medicinal. En este trabajo se utilizó la ecuación de estado de los gases de Van der Waals la cual permite estimar el volumen específico de un gas tomando como datos conocidos su temperatura y su presión. Para resolver numéricamente esta ecuación no lineal se utilizó el método iterativo de Newton-Raphson implementado en Scilab.

- *Análisis del principio de la esfera sumergida en agua mediante el uso del método de Newton-Raphson.* Aplicación a la Ingeniería Civil usando Octave, 2022.

Este proyecto tuvo como finalidad describir la aplicación del método de Newton-Raphson en Octave para un asunto puntual de la ingeniería civil enfocado en el área de la hidráulica. Principalmente se buscó determinar a qué profundidad descende en el agua un cuerpo esférico macizo de un material con una determinada densidad. En la actualidad existen muchas empresas que trabajan con flotadores que funcionan como válvulas de cierre para el paso de agua, como para tanques, cisternas, piezas para baños, entre otras.

Estos proyectos tuvieron como entre sus objetivos la aplicación de algunos métodos numéricos para la obtención de soluciones aproximadas a problemas de aplicación reales a los que los estudiantes se enfrentaron como futuros ingenieros en su trabajo. Es importante comprender que el área Métodos Numéricos forma una rama significativa de la Matemática Aplicada, dado que se encarga de diseñar algoritmos para la simulación de aproximaciones de soluciones a problemas. Los estudiantes han podido corroborar que las computadoras no solamente son útiles sino que son de una enorme necesidad práctica al momento de abordar las aplicaciones.

La propuesta de una guía de ABP como una estrategia educativa, permitió desarrollar a los estudiantes cierto razonamiento y capacidad para enfrentarse a una situación con un reto como fuente de inspiración y motivación para su aprendizaje. Esto contribuyó al aprendizaje y se pudo intervenir en el proceso de enseñanza entre el docente y los estudiantes.

En este proceso, los docentes nos constituimos como guías y soporte, para estimular y orientar al estudiante que va descubriendo y haciendo suyo el problema de estudio y su resolución, y por ende, el conocimiento. Por eso es necesario que durante todo este proceso el docente esté presente acompañando a los grupos constituidos, y que el mismo docente se involucre en los problemas seleccionados por los estudiantes para comprender cómo orientar a su posible resolución.

4. CONCLUSIONES

En este trabajo se plantea el uso de una nueva estrategia de enseñanza-aprendizaje en la asignatura Métodos Numéricos de las carreras de Ingeniería Química e Ingeniería Industrial de la Facultad de Química e Ingeniería del Rosario, Pontificia Universidad Católica Argentina.

A partir de esta estrategia, se logra que los estudiantes adquieran conocimientos, actitudes y habilidades con base en la resolución de problemas reales usando métodos numéricos. Se promueve el desarrollo de capacidades para aprender de manera autónoma la implementación de métodos numéricos. A su vez, se estimula que ellos mismos puedan definir un problema numérico determinado e identificar el método numérico adecuado a dicho problema. Los diversos trabajos finales integradores presentados en estos dos años dan cuenta de que esta estrategia favorece la comprensión y el gusto por esta difícil área en los estudiantes.

REFERENCIAS

- Backus J. y IBM. *Fortran version 2018*. Licencia MIT, <https://fortran-lang.org/>, 1957.
- Barrows H., Robyn M., y Tamblyn M. *Problem-Based Learning: An Approach to Medical Education*. Springer Publishing Company, New York, NY, USA, 1980.
- Chapra S. y Canale R. *Numerical Methods for Engineers*. McGraw Hill, New York, NY, USA, 2003.
- Conte S. y de Boor C. *Elementary Numerical Analysis. An Algorithmic Approach. Updated with MATLAB*. Society for Industrial and Applied Mathematics, Philadelphia, PA, USA, 2018.
- Eaton J.W. y Lilge T. *GNU Octave version 8.3.0*. GNU General Public License, <https://octave.org/>, 2023.
- Etter D.M. *Solución de problemas de ingeniería con MATLAB*. Pearson Prentice Hall, Madrid, España, 1998.
- Golub G. y Van Loan C. *Matrix Computations*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD, USA, 2013.
- Kelley C.T. *Solving Nonlinear Equations with Newton's Method*. Society for Industrial and Applied Mathematics, Philadelphia, PA, USA, 2003.
- Mathews J.H. y Fink K.D. *Métodos Numéricos con MATLAB*. Pearson Prentice Hall, Madrid, España, 2000.
- Moler C. *MATLAB version 7.10.0 (R2010a)*. The MathWorks Inc., <https://matlab.mathworks.com/>, 2023.
- Moler C.B. *Numerical computing with MATLAB*. Pearson Prentice Hall, Philadelphia, PA, USA, 2004.
- Scilab. *Scilab version 2023.1.0*. The MathWorks Inc., <https://www.scilab.org/>, 2023.
- Severin D. y Ponzellini Marinelli L. Un caso de aplicación de métodos numéricos mediante el uso de splines como motivación para la enseñanza y aprendizaje en ingeniería. *LXI Reunión Anual de la Unión Matemática Argentina, XXXVI Reunión de Educación Matemática*, 2013.
- Trefethen L.N. y Bau D.I. *Numerical Linear Algebra*. Society for Industrial and Applied Mathematics, Philadelphia, PA, USA, 2022.
- Venier C. y Trivisonno N. Incorporación de métodos numéricos en el marco de la mecánica del continuo. *Mecánica Computacional*, 36:1059–1068, 2018.