

Integración del teléfono móvil en la didáctica de la asignatura métodos numéricos de ingeniería química

Integration of the mobile technology to the teaching of numerical methods subject in chemical engineering

Tito Díaz Bravo¹, Mayra Luciana Cordovés², Macías Eduardo García Noa³

¹⁻³ Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría (CUJAE)

¹Correo electrónico: titodi@quimica.cujae.edu.cu

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-8428-7461>

² Correo electrónico: mayracordo@quimica.cujae.edu.cu

ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6728-4886>

³ Correo electrónico: egarcianoa@quimica.cujae.edu.cu

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6634-9219>

Recibido: 12 de diciembre de 2022

Aceptado: 15 de marzo de 2023

Resumen

Con el propósito de elevar el protagonismo de los estudiantes en su aprendizaje y como alternativa de dinamizar la docencia en la asignatura Métodos Numéricos de Ingeniería Química, se llevó a cabo un estudio de tipo investigación - acción con dos grupos de estudiantes. En el nuevo diseño de las clases se propuso alcanzar un uso continuado de los Teléfonos Móviles (TM). La tríada tradicional Conferencia, Clase práctica y Laboratorio, se redujo a los dos primeros, dada la no disposición de laboratorios con suficientes computadoras personales. Se aplicó al final un instrumento de recogida de opiniones de los estudiantes, con una escala ascendente de satisfacción (valores de 1 a 10) sobre los ítems indagados; los resultados fueron muy favorables. El objetivo del artículo es introducir transformaciones en la didáctica de la asignatura Métodos Numéricos, del tercer año de la carrera de Ingeniería Química, de la Universidad Tecnológica de la Habana, a partir de la decisión de utilizar el software EXCEL de aplicaciones del TM, tanto en conferencias como en clases prácticas, y consecuentemente, en las evaluaciones escritas realizadas en el semestre docente. Debe continuarse mejorando el diseño de las actividades para consolidar el avance en la didáctica de la asignatura, asociado al enfoque seleccionado.

Palabras clave: Asignatura Métodos Numéricos, Estudiantes, EXCEL, Ingeniería Química, Uso del teléfono móvil

Abstract

With the purpose of increasing the students' protagonist participation in their learning process and as an alternative to energize teaching Numerical Methods subject in Chemical Engineering, an action-research study was carried out with two groups of students. For the new design of the classes, a continuous use of Mobile technologies was proposed (MT). The traditional triad Conference, Practical lesson and Laboratory was reduced because of the lack of laboratories with enough personal computers. At the end, an instrument for collecting the opinions of the students was applied, with an ascending scale of satisfaction (values from 1 to 10) on the items investigated; the results were very favorable. The objective of the article was to introduce transformations in the didactics of the Numerical Methods subject, of the third year of the Chemical Engineering career, at the Technological University of Havana, from the decision to use the EXCEL software of MT applications, both in conferences as well as in practical classes, and consequently, in the written evaluations carried out during the teaching semester. The design of the activities must continue to be improved to consolidate the progress in the didactics of the subject, associated with the selected approach.

Keywords: Subject Numerical Methods, Mobile phone use, EXCEL, Students, Chemical Engineering

Licencia Creative Commons



Introducción

Desde temprano en la vida escolar, las personas más interesadas en su aprendizaje se percatan de la necesidad de que se introduzcan mejoras en la docencia. En el Capítulo XII (Las escuelas pueden reformarse para mejorarlas), el gran Comenio plantea:

Porque siendo muchos los que emprenden el camino con espíritu valeroso lleguen pocos a la cumbre de la ciencia, y los que llegan no lo hacen sino a fuerza de trabajo, anhelo, desmayos y vahidos, cayendo y volviéndose a levantar, no hay que asegurar que existe algo inaccesible para el espíritu humano, sino que los escalones no están bien dispuestos, son estrechos, llenos de agujeros, ruinosos; es decir, el método es pésimo. Es evidente que cualquiera puede llegar a la más elevada altura por grados bien colocados, completos, sólidos y seguros [1].

La enseñanza de la ingeniería, con su didáctica propia, asimila lo fundamental de la didáctica general como se acepta contemporáneamente por numerosos estudiosos; en el proceso de enseñanza y aprendizaje es imprescindible mantener la atención constante a Objetivos, Contenidos, Formas y Métodos de Enseñanza, así como a la Evaluación de carácter formativo que debe estar presente, con el propósito de mantener la calidad y eficiencia necesarios [2], [3] y [4].

Las carreras de ingeniería y arquitectura vienen mejorando sus métodos de enseñanza y demás aspectos correspondientes a las categorías de la didáctica, a partir de innovaciones que toman en consideración tanto los avances de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), como los de otros factores con influencia notable en los procesos docentes propiamente, a la vez que mantiene muy de cerca la atención al significativo desarrollo de la industria para la que forma nuevos profesionales y la imprescindible necesidad de preservar la naturaleza [5-11].

A finales de la década del 60 del siglo pasado, en la Facultad de Tecnología de la Universidad de La Habana, ya establecida desde 1964 en su nueva sede de la Ciudad Universitaria "José Antonio Echeverría", CUJAE, le encomendaron a tres instructores no graduados del Departamento de Matemática (Exiquio Leyva Pérez, Eduardo Albert Santos y Tito Díaz Bravo, profesionales activos en la actualidad), la trascendente tarea de introducir el estudio de la computación en las carreras de ingeniería y arquitectura.

Lo anterior fue una previsión muy acertada y oportuna de los que tenían a su cargo la superación del claustro y la dirección docente de la formación de los estudiantes de las carreras aludidas, en momentos de un desarrollo internacional incipiente de la computación y de

disponibilidad marcadamente exigua de computadoras en el país (una ELLIOT 803B, en la Junta Central de Planificación y un par de UNIVAC en otros organismos). Faltaban aún varios años para que comenzara la producción de computadoras CID cubanas y la llegada posterior de las IRIS 10 y 50 de procedencia francesa, que pudieron emplearse en la enseñanza en las universidades del país.

Constituyó el proceso desarrollado en el primer lustro del cumplimiento de la encomienda aludida, un hito inicial de la muy marcada transformación posterior de la didáctica en la enseñanza de la ingeniería y la arquitectura en la CUJAE. A mediados de la década del 70 la mencionada Facultad de Tecnología se independiza de la Universidad de La Habana, pasando a llamarse Instituto Superior Tecnológico "José Antonio Echeverría" y actualmente Universidad Tecnológica de La Habana.

Se mantiene vigente la pauta principal establecida inicialmente al introducir el estudio de la computación en las carreras de ingeniería y arquitectura: El enfoque algorítmico (sin depender de la sintaxis y otros elementos del lenguaje a utilizar) como elemento clave para impartir los métodos de diseño y evaluación propios de asignaturas de las especialidades de las distintas carreras. Este es un enfoque flexible para apoyarse en el paso posterior, ya sea en el de poner a punto un programa si se entendiera necesario, utilizando un lenguaje de programación (el proceso mencionado comenzó con el FORTRAN); o en su defecto, para comprender apropiadamente que estaría haciendo el software especializado disponible que venga al caso y utilizarlo de modo efectivo.

Parte del vertiginoso desarrollo de las TIC dentro del área del software en la ingeniería, se materializa en la disponibilidad actual de magníficos asistentes matemáticos, como el EXCEL, MATLAB, MATEMÁTICA, POLYMAT y otros tantos, así como con los lenguajes de la familia del C (C, C++ y otros), el JAVA, el PHYTON y el FORTRAN, entre los más avanzados, junto con una cantidad inmensa de software específicos de disímiles ramas del conocimiento. Y aún de mayor utilidad en trabajos avanzados para los ingenieros químicos, como tiene lugar en otras ramas de la ingeniería, se cuenta con simuladores como el SuperPro Designer, Aspen Plus y HYSYS. La integración de hardware y software tiene uno de sus mayores resultados en la Telefonía móvil; esta en particular, permite un amplísimo nivel de acceso a fuentes de información, con inmediatez asombrosa, lo que deviene en recurso de enseñanza y aprendizaje de valor extraordinario y de modificación significativa del rol del profesor principalmente en los cursos Diurnos presenciales y los retos desafiantes que le corresponde asumir en cursos Semipresenciales y a Distancia.

La Telefonía móvil ha revolucionado las comunicaciones interpersonales y el acceso a aplicaciones matemáticas de gran prestancia en los cálculos de ingeniería y arquitectura, como el EXCEL, objeto de atención en este documento. [12-14]. El rol activo del profesor debe asumirse dentro de un proceso docente con enfoque centrado en el estudiante, que necesariamente incluye autonomía del estudiante y tecnología como mediadora para el desarrollo de habilidades como resolución de problemas [15].

Otro factor esencial que realza su valor con la integración de las TIC y que influye en la efectividad del proceso de enseñanza y aprendizaje, es la interdisciplinariedad, lo que deberá conducir a "una mejor planificación, organización, diseño y preparación adecuada del colectivo pedagógico, así como la vinculación que debe existir entre las distintas disciplinas que conforman el plan de estudio, capaz de renovar los contenidos de las asignaturas e interrelacionarse en la búsqueda de una mejor salida al contenido que se tributa" [16].

Un análisis cualitativo que incluyó 99 publicaciones correspondientes al periodo 2005-2016, expone en una de sus conclusiones sobre la interdisciplinariedad en la enseñanza de la ingeniería:

Explorations of new fruitful ways to integrate interdisciplinarity into engineering education are often impeded by the historically discipline-oriented nature of academia. Overcoming this impediment can open up new opportunities if we want our students to acquire interdisciplinary skills for their future professions and professional development. Such a step when guided by educational design based on a coherent vision and supported by university management will bring us closer to the holy grail of truly IEE [17].

Debe trabajarse por el consenso en los software a utilizar y no irse por la variante que le resulte de mayor comodidad a cada asignatura, desentendiéndose de las demás, porque estaría en detrimento del aprendizaje de los estudiantes y el posterior desempeño profesional de estos.

El objetivo del presente artículo introducir transformaciones en la didáctica de la asignatura Métodos Numéricos, del tercer año de la carrera de Ingeniería Química, de la Universidad Tecnológica de la Habana, a partir de las potencialidades del uso del Teléfono móvil (TM) en el proceso docente. Se comunican evidencias del uso de software tipo hoja de cálculo, como el EXCEL, las que permiten formular a modo de recomendación que sea utilizado en las demás asignaturas que requieran cálculos propios de ingeniería y arquitectura.

Materiales y métodos

Se llevó a cabo un estudio tipo investigación-acción. Inicialmente se realizó la investigación bibliográfica necesaria para acercarse al estado del arte de la didáctica de la ingeniería con especial atención a la integración de los TM a la docencia, seleccionando aquellos documentos nacionales e internacionales que sustentaran las acciones a realizar para alcanzar los objetivos previstos, cuya selección final queda explícita en la introducción del presente documento. Métodos Numéricos [18] es una asignatura que se imparte en el primer semestre del 3er. año en el Curso Diurno de la carrera de Ingeniería Química. No posee examen final. Se integran sus contenidos en cuatro temas:

- I. Introducción a los métodos numéricos.
- II. Solución de ecuaciones algebraicas y trascendentes y de Sistemas de ecuaciones
- III. Interpolación. Métodos numéricos que emplean polinomios
- IV. Ecuaciones diferenciales ordinarias y en derivadas parciales

Dentro de los contenidos del tema III se incluyen además la integración y diferenciación numéricas, lo que debería estar declarado como tema independiente.

Resultados

Al comparar la asignatura Métodos Numéricos (MN), con similares en distintos países, puede constatarse apreciable similitud con dos asignaturas, Computational Methods in Chemical Engineering, [19] y Process Modelling [20], del programa de la carrera de Ingeniería Química de esa universidad, prestigiosa institución canadiense y una de las universidades líderes en el mundo. Además, posee coincidencias apreciables con el curso CHC503- Computational Techniques in Chemical Engineering [21], del programa del Ph.D. en Ingeniería Química del Indian Institute of Technology (Indian School of Mines).

Resultó necesario en el semestre enero – julio de 2022, modificar la forma tradicional de la tríada Conferencia, Clase práctica y Laboratorio, prevista en el programa analítico de la asignatura MN, concebida para la posibilidad de utilizar un laboratorio equipado con suficientes computadoras personales, no disponible en esta ocasión. Las horas de Laboratorio se sustituyeron por clases con objetivos similares, que tuvieron lugar en el aula apoyándose en los TM, Tablet y Laptop de los estudiantes y el profesor.

A modo de material docente principal (MEP), se elaboró y socializó al inicio del periodo docente entre los estudiantes, un documento que constituye el preámbulo de un texto [22] propio de la asignatura, a utilizar desde los TM. Asimismo se aseguró que los estudiantes poseyeran también en sus TM otros documentos de interés que complementan la base material de estudio

Respecto al software a utilizar, se decidió que fuesen aplicaciones (APK de EXCEL) de los TM. Esto permite que las habilidades logradas por los estudiantes con dicho software la puedan extender a las necesidades de cálculo existentes en las demás asignaturas de la carrera.

Desde las primeras clases se les argumentó la necesidad de ir organizando en su TM, su pequeña biblioteca de ejercicios resueltos con el EXCEL. Cumplir esta encomienda les permite disminuir el trabajo de edición que se dificulta con las reducidas pantallas de los TM. Esta actividad a complementar con el estudio independiente, les tributa al aprendizaje de los contenidos previstos.

Hacer las evaluaciones con acceso libre a los propios materiales de estudio utilizados y problemas resueltos en clases, es otro factor que favorece el estudio independiente, ya que aquellos que se esfuerzan más en ese sentido, tienen después a su favor recursos que les apoyan ante un pequeño olvido que pudiesen tener. Por supuesto, que el diseño de la evaluación en tales condiciones debe estar dirigido a recabar un mayor nivel de razonamiento de las respuestas alcanzadas por parte de los estudiantes, en las que deberán mostrar un mayor nivel de creatividad.

Con el propósito de disponer de los niveles de aceptación de la experiencia del uso del EXCEL del TM en MN, se aplicó al final con carácter anónimo, el cuestionario mostrado. Los resultados por grupos se recogen en la Tabla 1.

Cuestionario aplicado acerca del uso del TM en la docencia

1. Grado de satisfacción (califique utilizando la escala de 1 a 10, favorable ascendentemente) con el uso de:
 - a) EXCEL del TM
 - b) Otras facilidades del TM de acceso a documentos de la asignatura
 - c) Uso del TM en la evaluaciones
2. Estimas de beneficio el uso de otras aplicaciones matemáticas cuyo empleo se ha inducido desde la asignatura. (SI/NO – argumente)
3. Enumera las asignaturas de la carrera que consideras que deben permitir el uso del TM en todas sus actividades

Tabla 1. Calificaciones de los estudiantes a las preguntas 1 y 2. Fuente: Elaboración propia

Nivel en la escala	Grupo 32 (20 estudiantes)				Grupo 33 (14 estudiantes)			
	Preguntas				Preguntas			
	1			2	1			2
a	b	c	a		b	c		
1	1	0	0	1	0	0	0	0
2	0	0	0	0	1	0	0	0
3	1	0	0	0	0	0	1	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0
5	3	0	0	0	0	0	0	0
Subtotal de estudiantes (calificaciones de 1 a 5)	5 (25%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (5%)	1 (7%)	0 (0%)	1 (7%)	0 (0%)
6	4	1	0	1	0	0	0	0
7	3	0	0	1	0	2	0	0
8	4	0	4	1	2	1	2	1
9	1	3	0	0	1	0	0	2
10	3	16	16	16	10	11	11	11
Subtotal de estudiantes (calificaciones de 6 a 10)	15 (75%)	20 (100%)	20 (100%)	19 (95%)	13 (93%)	14 (100%)	13 (93%)	14 (100%)

Discusión de resultados

El diseño y forma de impartición de las Conferencias y Clases Prácticas, se concibió para propiciar un protagonismo elevado de los estudiantes, de modo que los TM estuviesen siendo utilizados durante las clases de modo intenso y solo para alcanzar los objetivos previstos, sin que se distrajeran en otros usos frecuentes de dicho dispositivo móvil. Al respecto, en la presentación de nuevos contenidos, se les requería que leyeran e interpretaran párrafos del MEP y que reprodujeran los cálculos de los ejercicios resueltos que se sometían a análisis.

Mayoritariamente los estudiantes decidieron utilizar la APK de WPS Office para Android [23]. Se consideró que esta elección es más apropiada que la de software específico, restringidos solo a la asignatura MN, como otro software disponible [24], concebido también para su uso en los TM y que responde a los contenidos de la Matemática Numérica de carreras de ingeniería de la UTH.

En ambos tipos de clases se mantenía latente la evaluación formativa, como recurso para acrecentar el aprendizaje. Se tuvo en cuenta la motivación asociada a contenidos de otras asignaturas del propio semestre escolar, para inducir progresivamente que lo aprendido del EXCEL y de los MN lo pudieran utilizar posteriormente en las mismas, respondiendo a fomentar la deseable interdisciplinariedad que debe existir en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Se dispone de un MEP que respalda todos los contenidos de la asignatura MN en formato electrónico, de fácil acceso y portabilidad en los TM. Se aprecia que numerosos estudiantes prefieren estudiar por documentos impresos, sin embargo argumentan que no los traen al aula porque resultan muy pesados.

En dos de las clases se aplicaron evaluaciones escritas. En ambos casos se trabajó con 6 temarios, con contenidos suficientes para cubrir el tiempo total previsto, o sea, que prácticamente todos los estudiantes tuviesen la necesidad de mantenerse trabajando hasta el final. Así, el diseño de la evaluación previó alcanzar el aprobado con el cálculo manual (calificación de 3, logro de los objetivos en su nivel mínimo aceptable) y calificaciones de notable y excelente, 4 y 5, según llegaran a resultados que requerían el uso del EXCEL y niveles crecientes de análisis de lo obtenido. Es de destacar que el número de temarios utilizados ayudó notablemente a lograr una buena disciplina durante la actividad.

Las medianas en todos los aspectos de las preguntas 1 y 2 de los dos grupos, están en calificaciones por encima del valor 5 de la escala; coinciden con el valor 10 en todos los casos excepto en la primera pregunta del Grupo 32, que posee el valor 7. Este último también es índice de buena satisfacción por el uso dado al TM en la asignatura MN, incluido lo de emplear el EXCEL en clases y evaluaciones durante el periodo, criterio prevaleciente en ambos grupos. El grado de satisfacción en el Grupo 32 es del 100% en las preguntas 1, b y c; y 75 % en la 1a. Por su parte, este indicador en el Grupo 33 es de 100% en 1b, y 93% en 1 a y c respectivamente. Por último sobre el Cuestionario aplicado, la recopilación de respuestas de la pregunta 3 (Enumera las asignaturas de la carrera que consideras que deben permitir el uso del TM en todas sus actividades), permite apreciar que existe un consenso marcadamente

mayoritario por que se permita el uso del TM en todas las asignaturas.

Cabe destacar que es fuerte el trabajo realizado (y el que falta por hacer) en el diseño de la asignatura, para darle uso libre al TM dentro de todas las actividades, de modo tal que este sea utilizado solo para el aprendizaje durante el tiempo de la clase, en lo que se espera que vaya resultando más natural según se continúe mejorando dicho diseño, y aún se estará en una situación más favorable en la medida que otras asignaturas asimilen este enfoque didáctico para dinamizar el proceso de enseñanza y aprendizaje en sus actividades.

Conclusiones

El nuevo diseño de las clases de Métodos Numéricos alcanzó el objetivo previsto del uso continuado de los Teléfonos Móviles, utilizando aplicaciones del EXCEL, obviando lo de la no disponibilidad de un centro de cálculo con suficientes computadoras personales. Se elevó el protagonismo de los estudiantes en las clases, a partir de la inmediatez del acceso a documentos portadores de los contenidos que se desarrollaron y del software EXCEL que continuamente requerían utilizar.

Los resultados de la encuesta realizada, tuvo una valoración muy buena por parte de los estudiantes, lo que respalda la validez de haber alcanzado un satisfactorio nivel de protagonismo de los estudiantes en las clases. La preparación de una biblioteca individual de problemas resueltos fue beneficiosa para la asignatura Métodos Numéricos y debe serlo para las demás asignaturas de la carrera que así lo requieran.

Es una necesidad continuar mejorando el diseño de la integración del Teléfono Móvil a la asignatura, para consolidar las ventajas que están presentes en esta innovación didáctica.

El uso del EXCEL del Teléfono Móvil en otras asignaturas debe ser impulsado por un trabajo interdisciplinario efectivo.

Referencias bibliográficas

1. Comenio JA. Didáctica Magna. 8va. ed. Editorial Porrúa. México; 1998. Disponible en: <https://www.pensamientopenal.com.ar/system/files/2014/12/doctrina38864.pdf>
2. Zilberstein J. et al. Preparación pedagógica integral para profesores universitarios. La Habana: Editorial Félix Varela; 2003
3. Zilberstein J y Olmedo S. Didáctica desarrolladora: posición desde el enfoque histórico cultural. Educação e Filosofia Uberlândia, 2015; 29 (57): 61 – 93. [Consultado el: 13 de julio de 2022]. Disponible en: <https://seer.ufu.br/index.php/EducacaoFilosofia/article/view/28056/17967>

4. Páez V. y Lima S. La Didáctica de la Educación Superior y la formación profesional ante los retos del siglo XXI. 2017. La Habana. Editora Educación Cubana. 303 p.
5. Areskoug K, Helene K, Sørli S & Brossard F. Using Digital, Universal, and Intercultural Didactics to Improve Higher Education—A Project Protocol for a Norwegian Interactive and Collaborative Improvement Study Concerning Master's Level Courses in Theory of Science, Research Methods, and Research Ethics. *Front. Educ.* 2022; 7 (April). [Consultado el: 21 de julio de 2022]. Disponible en:
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/feduc.2022.851783/full>
6. Nushi M, Momeni A & Roshanbin M. Characteristics of an Effective University Professor From Students' Perspective: Are the Qualities Changing? *Front. Educ.* 2022; 7 (March). [Consultado el: 8 de julio de 2022]. Disponible en:
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/feduc.2022.842640/full>
7. Buffa F, García MB, Moro L, Menna M, Massa P, Fanovich MA y Fuchs V. Concepciones acerca de la enseñanza en docentes de Ingeniería: diseño y validación de un cuestionario de dilemas y estudio descriptivo. *Revista Educación en Ingeniería.* 2020; 15(30): 18-25. Disponible en:
<https://educacioneningenieria.org/index.php/edi/article/view/1088/981>
8. Díaz A. Engineering Education 5.0: Continuously Evolving Engineering Education. *International Journal of Engineering Education.* 2020; 36(6): 1814–1832
9. Estushenko O, Toporkova O, Kokhashvili N and Yankina E. Digitalisation in engineering education: practice challenges and opportunities. *E3S Web of Conferences* 371, 05072. AFE-2022. 2023. Disponible en https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2023/08/e3sconf_afe2023_05072.pdf
10. Broo DG, Kaynak O, and Sait SM. Rethinking engineering education at the age of industry 5.0. *Journal of Industrial Information Integration.* 2022; 25(1). Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2452414X21001059>
11. Ortega D & Pérez LM. Estrategia didáctica para desarrollar la creatividad en los estudiantes universitarios con el uso de las TIC. *Revista Referencia Pedagógica.* 2023; 10(3): 432–446. Disponible en: <https://rrp.cujae.edu.cu/index.php/rrp/article/view/317>
12. Mohammadi M, Sarvestani MS and Nouroozi S. Mobile Phone Use in Education and Learning by Faculty Members of Technical-Engineering. *Frontiers in Education.* 2020; 5(16). Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/feduc.2020.00016/pdf>

13. Ballesteros-Ballesteros VA, Rodríguez-Cardoso ÓI, Lozano S y Nisperuza-Toledo JL. El aprendizaje móvil en educación superior: una experiencia desde la formación de ingenieros. *Revista Científica*, 2020; 38 (2): 243-257. Disponible en:
<https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/revcie/article/view/15214/15604>
14. Arancibia ML, Cabero J y Marín V. 2023. Historia personal y trayectoria profesional: elementos clave en la enseñanza con tecnología. *Campus Virtuales*. 2023; 12(1): 9-19, Disponible en: <https://doi.org/10.54988/cv.2023.1.1197>
15. Jaramillo F, Sánchez A y Hernando Á. Mensajería instantánea para humanizar el aprendizaje en línea: lecciones aprendidas con el uso de WhatsApp en un contexto de educación superior. *Campos Virtuales*. 2023; 12(1): 181-191. Disponible en:
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8818559.pdf>
16. Alvarez B, Sánchez Y y Pino I. La interdisciplinariedad en la formación de ingenieros. *bol.redipe* [Internet]. 2022; 11(07): 163-72. Disponible en:
<https://revista.redipe.org/index.php/1/article/view/1863/1806>
17. Van den Beemt A, MacLeod M, Van der Veen J, Van de Ven A, van Baalen S, Klaassen R, Boon M. Interdisciplinary engineering education: A review of vision, teaching and support. *Journal of Engineering Education*. 2020. 1-48. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/342569529_Interdisciplinary_engineering_education_A_review_of_vision_teaching_and_support/fulltext/5efb78b9299bf18816f3cdca/Interdisciplinary-engineering-education-A-review-of-vision-teaching-and-support.pdf
18. Universidad Tecnológica de La Habana. Plan de estudio E de Ingeniería Química [en línea]. 2017. Disponible en:
<https://quimica.cujae.edu.cu/wp-content/uploads/2021/06/Documento-Ejecutivo-Carrera-de-Ingenieria-Quimica-Plan-de-Estudio-E.pdf>
19. CHEE 390 Computational Methods in Chemical Engineering (3 credits) eCalendar McGill University [en línea]. 2022. Disponible en: <https://www.mcgill.ca/study/2022-2023/courses/chee-390>
20. CHEE 440 Process Modelling (3 credits) eCalendar-McGill University [en línea]. 2022. Disponible en: <https://www.mcgill.ca/study/2022-2023/courses/chee-440>
21. Department of Chemical Engineering. Course Structure & Syllabus For Ph.D. in Chemical Engineering. Indian Institute of Technology (Indian School of Mines), Dhanbad. 2021. Disponible en:
https://www.iitism.ac.in/pdfs/departments/chemical/Ph.D_course_structure_and_syllabus_ChemEngg.pdf

22. Díaz BT, García NE y Cordoves MM. Métodos Numéricos. Facultad de Ingeniería Química. Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría. 2023. Disponible en: https://www.academia.edu/98525919/Métodos_Numéricos
23. ECURED. APK de WPS Office para Android. 2022. Disponible en: [https://www.ecured.cu/WPS_Office_\(APK\)](https://www.ecured.cu/WPS_Office_(APK))
24. Carlos E y Ansola E. MN-MÓVIL: una herramienta para m-learning en el proceso de enseñanza aprendizaje de los métodos numéricos en ingeniería. Sin fecha. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/354054499_mnmovil_una_herramienta_para_mlearning_en_el_proceso_de_ensenanza_aprendizaje_de_los_metodos_numericos_en_ingenieria_mnmovil_a_tool_for_mlearning_in_the_process_of_teaching_learning_of_numeric_met

Contribución de autoría

La concepción del trabajo científico fue realizada por Tito Díaz Bravo. La recolección, interpretación y análisis de datos estuvo a cargo de los tres autores. De igual manera, la redacción/revisión del manuscrito fue realizada por los tres autores y todos revisaron y aprobaron el contenido final.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses. Todos los autores del artículo declaramos que estamos de total acuerdo con lo escrito en este informe y aprobamos la versión final.

Autores

Tito Díaz Bravo. Doctor en Ciencias Técnicas. Profesor Titular. Departamento de Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería Química. Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría" CUJAE. La Habana, Cuba

Mayra Luciana Cordovés Macías. Máster en Ciencias Técnica. Profesor Auxiliar Departamento de Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería Química. Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría" CUJAE, La Habana, Cuba

Eduardo García Noa. Doctor en Ciencias Técnicas. Profesor Titular. Departamento de Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería Química. Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría" CUJAE, La Habana, Cuba

