

Modelación y álgebra lineal en la formación de ingenieros en mecatrónica

Modeling and linear algebra in the education of mechatronics engineers

José David Ulloa Lahera, Ana Guadalupe Del Castillo Bojórquez*

Posgrado en Matemática Educativa, Departamento de Matemáticas. Universidad de Sonora. Boulevard Luis Encinas y Calle Rosales s/n, Col. Centro, Hermosillo, Sonora 83000. <https://orcid.org/0009-0001-4018-0208>, <https://orcid.org/0009-0003-3346-5090>

*Autora de correspondencia: ana.delcastillo@unison.mx

Recibido:
28/01/2025
Aceptado:
19/03/2025
Publicado:
24/03/2025

RESUMEN

La modelación matemática, como enfoque para resolver problemas del mundo real y como enfoque de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas, ha ganado importancia en el currículo en las últimas décadas. En el caso del Álgebra Lineal, los sistemas de ecuaciones lineales y las transformaciones lineales aparecen como modelos en diversos problemas de ingeniería y las matrices permiten modelar eficientemente estructuras multidimensionales. Sin embargo, en diversas investigaciones en el área de Matemática Educativa, se han identificado algunos problemas que enfrentan los estudiantes al intentar construir modelos y aplicar la matemática a problemas del mundo real. En este documento se explora el papel de la modelación y del Álgebra Lineal en la resolución de problemas prácticos de la Ingeniería en Mecatrónica, y se presentan avances en la identificación de una problemática relacionada con el aprendizaje de estos temas. Para tal efecto, se señalan dificultades recurrentes en la enseñanza y el aprendizaje de la modelación y del Álgebra Lineal reportadas en diversas investigaciones, con especial atención a aquellas que enfrentan los estudiantes para modelar con transformaciones matriciales y operar con matrices. Asimismo, se analiza la componente curricular en el contexto del Modelo Educativo vigente en la Universidad de Sonora, revisando específicamente el programa de Ingeniería en Mecatrónica. Se concluye presentando algunas características de una propuesta didáctica en construcción para abordar esta problemática con uso de tecnología.

Palabras clave:

Transformaciones matriciales, robótica, automatización, propuesta didáctica, GeoGebra.

ABSTRACT

Mathematical modeling, as an approach to solving real-world problems and as an approach to teaching and learning mathematics, has gained importance in the curriculum in recent decades. In the case of Linear Algebra, systems of linear equations and linear transformations appear as models in various engineering problems and matrices allow efficient modeling of multidimensional structures. However, in multiple investigations in Mathematics Education, some issues have been identified that students face when trying to build models and apply mathematics to real-world problems. This document explores the role of modeling and Linear Algebra in solving practical problems in Mechatronics Engineering, and advances in identifying a problem related to learning these topics are presented. To this end, recurrent difficulties in the teaching and learning of modeling and Linear Algebra reported in various investigations are pointed out, with special attention to those that students face when modeling with matrix transformations and operating with matrices. The curriculum component is also analyzed in the context of the current Educational Model of the University of Sonora, specifically reviewing the Mechatronics Engineering program. The article concludes by presenting some characteristics of a didactic proposal under construction to address this problem using technology.

Keywords:

Matrix transformations, robotics, automation, didactic proposal, GeoGebra.

INTRODUCCIÓN

El Álgebra Lineal, como rama fundamental de las matemáticas, tiene sus raíces en la resolución de problemas geométricos y aritméticos que se remontan a civilizaciones antiguas. En la antigua Grecia, matemáticos como Euclides ya utilizaban relaciones proporcionales que pueden considerarse precoces manifestaciones del pensamiento lineal. Sin embargo, la formalización del Álgebra Lineal se produjo en el siglo XIX, cuando se introdujeron conceptos como matrices y determinantes. Según Hodge (1994) el desarrollo de la notación matricial y de los conceptos asociados introdujo una forma sistemática y estructurada de representar y manipular sistemas de ecuaciones y transformaciones lineales por lo que fue crucial para establecer el Álgebra Lineal como un campo independiente y estructurado. Este periodo marcó una transición significativa en la forma en que se concebían y resolvían los sistemas de ecuaciones lineales, permitiendo una representación más compacta y eficiente.

Los sistemas de ecuaciones lineales y las transformaciones lineales aparecen como modelos en diversos problemas de ingeniería y las matrices permiten modelar eficientemente estructuras multidimensionales. Como afirma Lay (2015), "el Álgebra Lineal proporciona un lenguaje y una estructura que permiten modelar y resolver problemas en múltiples dimensiones, lo cual es esencial en aplicaciones de la ingeniería, la economía y las ciencias de la computación" (p. 12).

En el caso de la ingeniería mecatrónica, las transformaciones lineales son útiles en el modelado y control de manipuladores, especialmente mediante el uso de matrices de transformación homogénea. Este método permite combinar en una sola representación rotaciones y traslaciones, lo que simplifica el análisis y cálculo de posiciones y orientaciones en el espacio tridimensional, aspectos cruciales para el diseño y control de sistemas robóticos (Spong, Hutchinson y Vidyasagar, 2005). Al proporcionar un marco uniforme para el tratamiento de la cinemática, estas matrices permiten estructurar de forma eficiente los cálculos necesarios en la cinemática inversa, donde la precisión es esencial para alcanzar posiciones específicas sin colisiones o errores acumulativos (Craig, 2017).

Chen, Liu, Zhou y Lin (2019) abordan el uso de las transformaciones matriciales para optimizar algoritmos de control en sistemas robóticos complejos, subrayando cómo el Álgebra Lineal facilita la simulación y predicción de movimientos precisos en entornos controlados. Ellos utilizan matrices para representar las velocidades lineales y angulares de los eslabones, lo que les permitió

modelar matemáticamente el comportamiento dinámico del manipulador.

Nieto y Vaca (2020) describen el desarrollo de un modelo matemático, cinemático y dinámico para modificar el funcionamiento de un dron. En este trabajo el uso de matrices se encuentra estrechamente ligado a la modelización y el análisis dinámico del quadcopter UAV (Vehículo Aéreo No Tripulado). Al considerar el UAV como un objeto rígido con movimientos de traslación y rotación, las matrices se emplean para representar de manera eficiente las transformaciones y rotaciones en el espacio tridimensional.

A lo largo del documento se presentarán algunas consideraciones sobre la inclusión de la modelación y el Álgebra Lineal en el currículo del nivel superior, así como algunas dificultades en su aprendizaje que se reportan en diversos trabajos de investigación. Se pretende mostrar la pertinencia del desarrollo de una propuesta didáctica para abordar la problemática, que considera, además, el uso del software GeoGebra

Modelación y Álgebra Lineal en el programa de Ingeniería en Mecatrónica de la Universidad de Sonora

Tal vez te has preguntado: ¿Por qué las frambuesas son rojas? o ¿Por qué la cebolla es morada? o quizá ¿De dónde viene el color rosa de la bugambilia? La respuesta está en las antocianinas, son pigmentos naturales que le otorgan esos característicos colores a diversas frutas, flores y verduras. Sin embargo, su función va más allá del color, en la naturaleza, las antocianinas juegan un papel clave, ayudando a las plantas a adaptarse a las distintas condiciones ambientales, como falta de nutrientes, agua o luz, y protegiéndolas de los depredadores como plagas, insectos y animales (Vuolo *et al.*, 2019). En los últimos años, han despertado un gran interés científico debido a los posibles beneficios para la salud, especialmente por sus efectos asociados a un menor riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares, obesidad, diabetes, entre otras, debido a su alta actividad antioxidante y antiinflamatoria (Speer *et al.*, 2020).

La modelación matemática, como enfoque para resolver problemas del mundo real y como enfoque para la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas, ha ganado importancia en el currículo en las últimas décadas. Este cambio se originó a partir del reconocimiento de que las matemáticas no solo se tratan de procedimientos abstractos, sino también de representar y entender fenómenos del entorno. Según Blum y Niss (1991), la modelación facilita que los estudiantes comprendan cómo las matemáticas pueden aplicarse a situaciones de la vida cotidiana y de diversas disciplinas, integrando habilidades matemáticas

ticas y contextuales. Este enfoque comenzó a integrarse en los planes de estudio para hacer la enseñanza de las matemáticas más significativa y aplicable.

Ortiz y Mendible (2007) argumentan que, en los tiempos modernos, la modelación como proceso gestor de cambio y de contextualización ejercida por el ingeniero representa una filosofía de trabajo en dos sentidos, de la realidad hacia el modelo y del modelo hacia la realidad. También resaltan la importancia de incorporar actividades de modelación en el currículo de la formación de los ingenieros.

Por su parte, Gómez (2008) propone la inclusión de actividades de modelación en los currículos de ingeniería y valida su relevancia desde un punto de vista epistemológico y heurístico. Desde la perspectiva epistemológica, plantea que se fortalece la conexión curricular, resaltando la interacción entre diversas disciplinas y la relevancia de las matemáticas en contextos reales y profesionales. Paralelamente, en el ámbito heurístico, declara que se impulsa el trabajo colaborativo y el debate, lo que favorece el desarrollo de un pensamiento crítico esencial en la sociedad contemporánea.

En este orden de ideas, considerando el contexto e intereses manifestados para el desarrollo de una propuesta didáctica, se revisó el componente curricular del Modelo Educativo de la Universidad de Sonora y, posteriormente, el plan de estudios del programa de Ingeniería en Mecatrónica. Se encontró que la didáctica asociada al modelo se concentra en la planeación y el diseño de situaciones, la resolución de problemas, la construcción de saberes y la evaluación a través de actividades reales en ambientes significativos y relevantes para los estudiantes, en preparación para enfrentar los problemas de su profesión (UNISON, 2023).

El enfoque en competencias específicas del modelo también enfatiza la relevancia de desarrollar habilidades que son aplicables en el ámbito profesional, especialmente en situaciones reales y bajo supervisión hasta llegar a un ejercicio autónomo. Asimismo, se subraya que estas competencias no solo son técnicas, sino que también implican un compromiso social y un impacto en la vida de los estudiantes y su comunidad. La formación en matemáticas y modelación, al ser competencias que abarcan tanto aspectos técnicos como sociales y éticos, contribuye al desarrollo integral y a la capacidad de los estudiantes de tomar decisiones informadas y responsables en su vida profesional y personal (UNISON, 2023).

Así, los planes de estudio de los diferentes programas educativos de la Universidad de Sonora deberán reflejar este enfoque. En particular, en la revisión del plan de estudios de Ingeniería en Mecatrónica, se centró la atención en el programa oficial de la asignatura de Álgebra, y se ubicaron

otras asignaturas clave, como Introducción a la Ingeniería Mecatrónica, Control Digital, Fundamentos de Robótica, entre otras, de las que pudieran retomarse situaciones para contextualizar la enseñanza de temas como matrices y transformaciones matriciales. La asignatura de Álgebra pertenece al eje básico, se imparte en el primer semestre y es de carácter obligatoria.

En el programa de la asignatura se declara que el estudio del Álgebra Lineal aporta al perfil del Ingeniero en Mecatrónica el saber modelar fenómenos de la física y la ingeniería. Los contenidos incluyen los temas de matrices, sistemas de ecuaciones lineales, espacios vectoriales y se plantea, como parte del objetivo general, que los estudiantes sean capaces de resolver problemas de ciencias e ingeniería aplicada e interpretar las soluciones. Se enfatiza el uso de matrices, sistemas de ecuaciones lineales y transformaciones lineales (UNISON, 2024).

Sin embargo, los propósitos y contenidos son muy generales, y los libros de texto recomendados que incluyen problemas de aplicación, los proponen una vez que se ha abordado la teoría de manera abstracta, provocando que los estudiantes perciban las matemáticas y la realidad como mundos separados (Borromeo, 2006).

Una propuesta que integre problemas específicos de la ingeniería mecatrónica con el estudio de la modelación y el Álgebra Lineal se concibe en este trabajo como una alternativa pertinente.

Afortunadamente, el Álgebra Lineal tiene muchas aplicaciones prácticas en la ingeniería mecatrónica. Es necesario hacer un análisis minucioso de algunas de ellas para seleccionar aspectos que podrían abordarse a través de un curso de álgebra de los primeros semestres.

Se presenta a continuación una lista general de algunas áreas clave en donde se aplica el álgebra matricial, y las transformaciones matriciales, temas matemáticos de interés para la realización de la propuesta.

- *Modelado de sistemas dinámicos.* En mecatrónica, muchos sistemas dinámicos, como robots, vehículos autónomos y sistemas de control, se representan y resuelven usando matrices, por ejemplo, el modelado de manipuladores robóticos con la matriz de transformación homogénea para calcular posiciones y orientaciones en el espacio tridimensional.
- *Control de sistemas.* Las matrices se utilizan en el diseño de controladores para representar el comportamiento del sistema en forma de espacio de estados, por ejemplo, el diseño de un controlador para estabilizar un brazo robótico utiliza matrices para describir las relaciones entre posición, velocidad y fuerzas aplicadas.

- *Cinemática y dinámica de robots.* El álgebra matricial es esencial para la cinemática directa e inversa de robots. Se emplean matrices de transformación, de rotación y homogéneas, para calcular cómo se mueve cada enlace de un robot y determinar su posición final.
- *Procesamiento de señales e imágenes.* En visión por computadora, las imágenes se tratan como matrices donde cada elemento representa un píxel. Los algoritmos de procesamiento de imágenes usan álgebra matricial para tareas como filtrado, compresión y detección de características.
- *Simulación y análisis de vibraciones.* En el diseño de sistemas mecánicos, el análisis modal y de vibraciones utiliza matrices de masas y rigidez para determinar las frecuencias naturales y los modos de vibración de una estructura, por ejemplo, el estudio de vibraciones en estructuras como brazos robóticos o drones para mejorar la estabilidad y el diseño.
- *Optimización.* Muchos problemas de diseño en mecatrónica, como minimizar el consumo de energía o maximizar la precisión de un sistema, se plantean como problemas de optimización que involucran operaciones matriciales, por ejemplo, la optimización de trayectorias en robots para evitar colisiones y minimizar el tiempo de operación.
- *Análisis de redes eléctricas.* En el análisis de circuitos eléctricos, las matrices se usan para resolver sistemas de ecuaciones lineales generados por leyes como la de Kirchhoff, por ejemplo, el análisis de circuitos en sistemas mecatrónicos que combinan sensores, actuadores y controladores.
- *Simulación de sistemas multivariados.* Las matrices son esenciales en software de simulación para modelar sistemas multivariados que aparecen en mecatrónica, por ejemplo, para la representación de sistemas de ecuaciones para simular el comportamiento de un dron con múltiples entradas (como motores) y salidas (posición, orientación).
- *Análisis de estabilidad.* En sistemas de control, se analiza la estabilidad de sistemas lineales mediante eigenvalores y eigenvectores, que se calculan con operaciones matriciales, por ejemplo, determinar si un robot bípedo permanecerá estable al caminar usando análisis de la matriz Jacobiana del sistema.

Dificultades en el aprendizaje de la modelación y el Álgebra Lineal

El aprendizaje de la modelación, del álgebra matricial y de las transformaciones matriciales no está exento de dificultades.

En esta sección se presentan algunos resultados de investigación que señalan algunas de ellas.

En relación con la modelación matemática, en diversas investigaciones se han identificado varios problemas que enfrentan los estudiantes al intentar construir modelos y aplicar la matemática a problemas del mundo real. Uno de los primeros obstáculos, según Blum y Niss (1991), surge cuando los estudiantes intentan abstraer una situación real para expresar su estructura en términos matemáticos. Este proceso requiere que el estudiante identifique los elementos relevantes de la situación y, a su vez, descarte los aspectos irrelevantes. Sin embargo, muchos estudiantes tienen problemas para hacer esta selección adecuada de información, lo que afecta su capacidad de construir un modelo matemático útil. Después de formular el modelo, otro desafío es la interpretación de los resultados. Blum y Niss (1991) destacan que, una vez obtenido un resultado matemático, los estudiantes suelen tener dificultades para interpretarlo en el contexto real y verificar su validez, lo cual es fundamental para asegurar que el modelo refleje con precisión la situación original.

Por otra parte, Borromeo (2006) señala que los estudiantes suelen enfrentar problemas de “fragmentación cognitiva”, es decir, perciben la matemática y la realidad como dos dominios separados y no logran conectar ambos de manera efectiva. Esta desconexión dificulta que puedan transferir habilidades matemáticas adquiridas en el aula a situaciones prácticas de modelación. La autora también identifica dificultades en la percepción y contextualización de la situación real, lo cual impide que los estudiantes puedan desarrollar un modelo matemático significativo. Esto implica que, aunque los estudiantes puedan resolver problemas matemáticos abstractos, muchas veces les cuesta aplicar ese conocimiento a situaciones reales (Borromeo, 2006).

En relación con el aprendizaje del Álgebra Lineal, Piñón y Córdova (2023) identifican como obstáculos los altos niveles de abstracción, el formalismo, las barreras del lenguaje, las múltiples representaciones de objetos matemáticos, la falta de conocimientos previos y las conexiones débiles en el aprendizaje.

Trigueros, Lozano y Murillo (2015) examinan los mecanismos mentales involucrados en el aprendizaje del teorema de la matriz asociada a una transformación lineal, contribuyendo al entendimiento cognitivo de este concepto fundamental. Ellos identificaron que los estudiantes enfrentan múltiples dificultades al construir la matriz asociada a una transformación lineal. Una de las principales barreras es la incapacidad de coordinar procesos clave, como el cálculo de las imágenes de los vectores de una base y su expresión como combinación lineal en términos de la base del espacio de llegada. Además, muchos alum-

nos no logran encapsular estos procesos en el concepto de matriz como un objeto, lo que obstaculiza su comprensión. Asimismo, se evidencia la falta de interiorización de conceptos básicos como las coordenadas de un vector en una base, lo que afecta directamente su capacidad para organizar las imágenes de manera ordenada en una matriz.

También encontramos, en la literatura, algunas propuestas didácticas relacionadas, como la de Xavier, Ibarra y Reyes (2019) quienes realizaron un estudio sobre estrategias didácticas para la enseñanza de matrices en cursos de ingeniería civil, donde se hace una propuesta para favorecer los procesos de enseñanza y aprendizaje de las matrices; así como la de Gallo, Verón y Herrera (2019), quienes exploran el uso del software GeoGebra para interpretar transformaciones lineales de manera gráfica. Para esto diseñaron applets en los que modifican una imagen de un polígono cerrado cuando se aplica una transformación lineal a sus vértices.

USO DE TECNOLOGÍA

En su revisión, Piñón y Córdova (2023) destacan la creciente investigación y propuestas sobre la integración de la tecnología en la educación, visible en aplicaciones matemáticas, herramientas web y juegos virtuales. Esto refleja el creciente interés en el uso de la tecnología, potenciada por las necesidades de la educación a distancia durante la pandemia de COVID-19.

Para el desarrollo de esta propuesta se considera el uso del software GeoGebra por su fácil acceso al ser un software libre, por proveer un ambiente amigable para diseñadores y estudiantes, por el manejo de múltiples representaciones dinámicamente vinculadas, en especial por las representaciones gráficas en dos y tres dimensiones, así como por la simplicidad en el manejo del cómputo simbólico.

Además, en variadas investigaciones se reporta el impacto positivo del uso de GeoGebra, en diferentes ámbitos, en la promoción de la visualización y la exploración activa de conceptos matemáticos complejos, el aprendizaje significativo, el compromiso y rendimiento de los estudiantes, entre otros (Koyunkaya y Dede, 2024; Panjaitan, 2024; Ardina y Boholano, 2024; Batiibwe, 2024).

En conjunto, estas contribuciones destacan el impacto del uso de GeoGebra en áreas clave como la compren-

sión conceptual, el desarrollo de habilidades de resolución de problemas, el compromiso estudiantil y el apoyo a estilos de aprendizaje diversos.

CONCLUSIONES

A lo largo de este artículo, se ha intentado mostrar la pertinencia de un diseño didáctico dirigido a estudiantes de los primeros semestres de ingeniería en mecatrónica, abordando la modelación de problemas prácticos del área, mediante el uso de transformaciones matriciales y álgebra matricial, apoyados con el software GeoGebra. Se pretende que el aprendizaje de los contenidos matemáticos sea más significativo y al mismo tiempo, favorecer las habilidades para la modelación. Para concretar la propuesta es necesario hacer análisis más minuciosos apoyados por herramientas teóricas y metodológicas de la Matemática Educativa.

Por el momento, se pretende incluir problemas de cinemática directa e inversa de un brazo robótico, y la simulación de un dron con múltiples entradas y salidas, aprovechando la potencialidad del software GeoGebra para el manejo de representaciones gráficas en dos y tres dimensiones, así como representaciones matriciales, todas ellas, dinámicamente vinculadas.

LITERATURA CITADA

- Ardina, G. y Boholano, H. (2024). The Cognitive and Non-Cognitive Effects of GeoGebra Integration. *Malaysian journal of mathematical sciences*, doi: 10.47836/mjms.18.2.12
- Batiibwe, M. (2024). Integration of GeoGebra in learning mathematics: Benefits and challenges. *East African Journal of Education Studies*, 7(4), 684-697. <https://doi.org/10.37284/eajes.7.4.2454>
- Blum, W., y Niss, M. (1991). Applied mathematical problem solving, modelling, applications, and links to other subjects—State, trends, and issues in mathematics instruction. *Educational Studies in Mathematics*, 22(1), 37–68.
- Borromeo, R. (2006). Theoretical and empirical differentiations of phases in the modelling process. *ZDM*, 38(2), 86–95.
- Chen, T., Liu, H., Zhou, Z., y Lin, J. (2019). Trajectory optimization of robotic manipulators using machine learning and algebraic methods. *Journal of Robotics and Automation*, 34(2), 245–260.
- Craig, J. (2017). *Introduction to robotics: Mechanics and control* (4th ed.). Pearson.

Gallo, H., Verón, C., y Herrera, C. (2019). Interpretación de transformaciones lineales en el plano utilizando GeoGebra. *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, 24, e04. <https://doi.org/10.24215/18509959.24.e04>

Gómez, J. (2008). La ingeniería como escenario y los modelos matemáticos como actores. *Modelling in Science Education and Learning*, 1, 3–9. <https://doi.org/10.4995/msel.2008.3128>

Hodge, J. (1994). The development of matrix notation and its impact on linear algebra. *Historical Perspectives in Mathematics*, 12(3), 150–168.

Kolman, B., y Hill, D. (2011). *Elementary linear algebra with applications* (9th ed.). Pearson.

Koyunkaya, M., Dede, A. (2024) Using different digital tools in designing and solving mathematical modelling problems. *Educ Inf Technol* 29, 19035–19065. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12577-3>

Lay, D. (2015). *Linear algebra and its applications* (5th ed.). Pearson.

Nieto, E., y Vaca, F. (2020). Desarrollo de un modelo matemático, cinemático y dinámico con la aplicación de software, para modificar el funcionamiento de un dron, para que este realice monitoreo automático. *RECIMUNDO*, 4(1(Esp)), 332–343. [https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(1\).esp.marzo.2020.332-343](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(1).esp.marzo.2020.332-343)

Ortiz, J., y Mendible, A. (2007). Modelización matemática en la formación de ingenieros: La importancia del contexto. https://www.researchgate.net/publication/289839859_Modelizacion_Matematica_en_la_Formacion_de_Ingenieros_La_Importancia_del_Contexto.

Panjaitan, M. (2024). Implementation Of Geogebra As A Mathematics Learning Medium By Applying A Problem-Based Learning Model (Pbm). *Edumaniora : Jurnal Pendidikan dan Humaniora* doi: 10.54209/edumaniora.v3i02.55.

Piñón, A., y Córdova, D. (2023). Systematic review: State of knowledge on learning difficulties and teaching strategies in linear algebra. En *Proceedings of the CEUR Workshop*, Vol. 3691, paper 32. CEUR-WS. <https://ceur-ws.org/Vol-3691/paper32.pdf>.

Spong, M., Hutchinson, S., y Vidyasagar, M. (2005). *Robot modeling and control*. Wiley.

Strang, G. (2016). *Linear algebra and its applications* (5th ed.). Wellesley-Cambridge Press.

Trigueros, M., Lozano, M., y Murillo, J. (2015). Students' difficulties in linear algebra: The role of transformations. *Educational Studies in Mathematics*, 90(1), 47–65.

Universidad de Sonora (2023). *Modelo Educativo de la Universidad de Sonora*. Gaceta Unison.

Universidad de Sonora (2024). Programa de la asignatura Álgebra. Departamento de Ingeniería Industrial, Licenciatura en Ingeniería en Mecatrónica.

Xavier, R., Ibarra, C., y Reyes, M. E. (2019). Enseñanza-aprendizaje de las matrices en la carrera de ingeniería civil. *Mikarimin. Revista Científica Multidisciplinaria*, 51–60.