

<https://doi.org/10.23913/ride.v15i29.2215>

Artículos científicos

Clases en línea y presenciales en la etapa de postpandemia utilizando la adquisición de conocimientos basados en la metodología 4MAT

***Online and face-to-face classes in the post-pandemic stage using knowledge
acquisition based on the 4MAT Methodology***

***Aulas online e presenciais na fase Pós-pandémica utilizando a aquisição de
conhecimentos baseada na Metodologia 4MAT***

Blanca Alicia Rico Jiménez

Instituto Politécnico Nacional, México

bricoj@ipn.mx

<https://orcid.org/0000-0003-1155-1628>

Laura Ivoone Garay Jiménez

Instituto Politécnico Nacional, México

lgaray@ipn.mx

<https://orcid.org/0000-0001-9478-4835>

Elena Fabiola Ruiz Ledesma

Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Cómputo, México

eruizl@ipn.mx

<http://orcid.org/0000-0002-1513-8243>

Resumen

En este artículo se describe la implementación de un estudio piloto para evaluar la factibilidad de continuar con la educación en línea después de la crisis de la pandemia del COVID-19 en el campo de la ingeniería, promoviendo la asimilación de conocimientos con base en la metodología 4MAT, cuyos elementos son motivación, adquisición, práctica y extensión. Se diseñó un curso de programación de dispositivos embebidos usando 4MAT para estudiantes de Ingeniería Automotriz, y se aplicó a dos grupos, a uno se le denominó grupo de estudio, quien tomó la asignatura en línea, mientras que el segundo, al que se le consideró grupo de



control, tomó la misma materia de forma presencial. La finalidad era analizar el efecto del proceso de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes de nivel superior, en ambas modalidades. Este trabajo pretende ser una reflexión crítica frente a las necesidades actuales, a través de un análisis cuantitativo, tomando en cuenta que el fin último de cualquier actividad curricular debe ser la formación integral de sus estudiantes en todas sus dimensiones, desde la cognitiva hasta la afectiva. Como resultado se puede observar que el uso de los recursos TIC promovió un mejor desempeño de los alumnos, y su percepción es que se aprovecharon las destrezas aprendidas durante la pandemia. Se concluyó que utilizar la metodología 4MAT es una buena opción para el desarrollo de la educación en línea en el área de programación, para lograr una mayor equidad e inclusión en los estudiantes hoy en día.

Palabras clave: aprendizaje integral, competencias, ingeniería.

Abstract

This article describes the implementation of a pilot study to evaluate the feasibility of continuing online education after the COVID-19 pandemic crisis in the engineering field, promoting knowledge assimilation based on the 4MAT methodology, whose elements are Motivation, Acquisition, Practice and Extension. A Programming course was designed using 4MAT for Automotive Engineering students, and was applied to two groups, one of which was called the study group, who took the subject online, while the second, which was considered the control group, took the subject in person. The purpose was to analyze the teaching-learning process of higher education students in both modalities. This work is intended as a critical reflection on current needs, through a quantitative analysis, considering that the ultimate goal of any curricular activity should be the integral formation of students in all its dimensions, from the cognitive to the affective. As results, it can be observed that the use of ICT resources improved student learning, besides the skills learned during the pandemic were used. Concluding that using the 4MAT methodology is a good option for the development of online education in the area of programming to achieve greater equity and inclusion in students today.

Keywords: comprehensive learning, learning skills, engineering.

Resumo

Este artigo descreve a implementação de um estudo piloto para avaliar a viabilidade da educação continuada online após a crise pandêmica da COVID-19 na área da engenharia, promovendo a assimilação do conhecimento com base na metodologia 4MAT, cujos elementos são Motivação, Aquisição, Prática e Extensão. Foi concebido um curso de Programação utilizando a metodologia 4MAT para estudantes de Engenharia Automóvel, que foi aplicado a dois grupos, um dos quais foi designado por grupo de estudo, que frequentou a disciplina online, enquanto o segundo, considerado grupo de controle, frequentou a mesma disciplina presencialmente. O objetivo foi analisar o processo de ensino-aprendizagem dos alunos do ensino superior nas duas modalidades. Este trabalho pretende ser uma reflexão crítica sobre as necessidades atuais, através de uma análise quantitativa, tendo em conta que o objetivo último de qualquer atividade curricular deve ser a formação integral dos seus alunos em todas as suas dimensões, desde a cognitiva à afetiva. Os resultados mostram que a utilização dos recursos das TIC melhorou a aprendizagem dos alunos, e as competências aprendidas durante a pandemia foram bem aproveitadas. Concluimos que a utilização da metodologia 4MAT é uma boa opção para o desenvolvimento da educação online na área da programação, de forma a alcançar uma maior equidade e inclusão nos alunos de hoje.

Palavras-chave: aprendizagem integral, competências, engenharia.

Fecha Recepción: Julio 2024

Fecha Aceptación: Diciembre 2024

Introducción

En este momento de la historia en la educación se han conjuntado características muy especiales, una de ellas es la inmersión en la sociedad de la información, que permite una educación globalizada, además se ha impulsado el uso de los sistemas de gestión del aprendizaje o, por sus siglas en inglés, LMS (Leiton-Quintero, Mesa-Bejarano y Ortíz-Carabali, 2022). Otro aspecto importante fue la instauración forzada de la educación virtual durante la pandemia por COVID-19. Este hecho colocó a la educación en línea como una posibilidad real en el ámbito educativo público, ya que antes de este suceso se veía como una posibilidad parcial o en algunos casos su inserción gradual fue muy lenta (De la Cruz-Flores, 2020). Por lo tanto, es necesario investigar y definir metodologías que permitan asegurar una educación en línea de calidad.

En el ciclo escolar 2019- 2020, de acuerdo con lo presentado por el Instituto Nacional de Estadística (INEGI, 2020), de los 54.3 millones de personas de 3 a 29 años, 62.0% (33.6 millones) estuvo inscrita en el ciclo escolar 2019-2020. De las anteriores, se estima que 2.2% (738.4 mil personas) no concluyeron el ciclo escolar 2019-2020 y más de la mitad (58.9%) lo hizo por un motivo relacionado a la COVID-19. Además, un dato relevante que arrojó el mismo INEGI, con relación a los motivos asociados a la pandemia por COVID-19, y por lo cual, muchos estudiantes no se inscribieron en el ciclo escolar 2020-2021, fue que 26.6% consideró a las clases a distancia como poco funcionales para el aprendizaje; 25.3% indicó que alguno de sus padres o tutores se habían quedado sin trabajo, y 21.9% no contaba con computadora, algún otro dispositivo o no tenía conexión de internet (INEGI, 2020).

Esta investigación implementó la metodología instruccional que promueve la motivación del estudiante, la adquisición del conocimiento, aplicación práctica del mismo y la extensión de la aplicación del conocimiento, basada en el modelo conocido como “4MAT Learning”, que es el acrónimo de sus palabras en inglés *Motivation, Acquisition, Transformation, Extension* (Thitiporn, Punsrigate, y Srikoon, 2023), con el objetivo de evaluar la efectividad de impartir educación en línea usando 4MAT, en contraste con su aplicación en las clases presenciales tradicionales a nivel ingeniería en el área de programación. En la Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas del Instituto Politécnico Nacional (UPIITA-IPN), se imparten carreras interdisciplinarias en el área de ingeniería, pero no se tienen programas de educación en línea asociados a las carreras impartidas, por lo que es necesario que se indague sobre la efectividad de una educación en línea aplicada en ese ámbito del conocimiento.

Para la implementación de la metodología se eligió un grupo de la carrera de Ingeniería Automotriz en la asignatura Programación de Sistemas Inmersos. Esta asignatura se imparte en el séptimo semestre, que se encuentra en el último tercio de su formación académica. El propósito de esta asignatura consiste en que el estudiante pueda realizar el análisis, sí como el diseño y la implementación de sistemas en tiempo real y que permitan la interacción con ambientes físicos (ISISA-IPN, 2024)“Evaluar las metodologías formales y los estándares de programación, para el análisis, diseño e implementación de sistemas en tiempo real que interactúen con entornos físicos” (ISISA-IPN, 2024), considerando que los sistemas computacionales inmersos son aquellos que se diseñan para microcontroladores y que permiten controlar desde un motor de un automóvil hasta sistemas más complejos, como el control de estabilidad, o el tráfico automotriz, aéreo, ferroviario; entonces se requiere de

una comprensión y aplicación del conocimiento adquirido en la solución a problemas en ingeniería (Stankovic, 1996). La asignatura se impartió en línea a un grupo de 21 estudiantes y se dio seguimiento utilizando *software* que permite la comunicación asíncrona, como la síncrona, para la asignación y seguimiento de actividades propuestas por el docente (Guijarro, Rodríguez y Castro, 2021; Ortiz, Tarango y Romo, 2019). También se impartió la misma asignatura al grupo de control, pero en forma presencial, y se empleó la misma metodología; la diferencia radicó en que se utilizaron recursos tradicionales para su impartición dentro de las instalaciones de la universidad.

Con relación a la metodología 4MAT

La necesidad que se tiene en la educación en línea de prácticas innovadoras y atractivas a los estudiantes para retener su motivación, atención e interés en aprender, hace necesario encontrar sistemas de enseñanza que permitan una comprensión profunda de los temas y que favorezcan el desarrollo de las competencias, para trasladar ese conocimiento a la solución de problemas en condiciones reales, considerando factores como sus estilos de aprendizaje, habilidades cognitivas, lateralidades y especificidades hemisféricas (Romero, Chávez y Castillejos, 2023). El sistema 4MAT toma en consideración la forma como las personas perciben, procesan, comprenden y comunican la información, y los integra en un ciclo de aprendizaje que promueve la comprensión y la comunicación del conocimiento (Thitiporn, Punsrigate y Srikoon, 2023). De acuerdo con Berenice McCarthy (1982), el sistema 4MAT está basado en un ciclo de instrucción conformado por cuatro cuadrantes, mismos que están relacionados con los estilos de aprendizaje del modelo Kolb de 1984 (Agudelo, Salinas y Mortera, 2010). Los estilos de aprendizaje según Kolb son:

a) Divergente: el estudiante es imaginativo, visualiza situaciones concretas con diferentes perspectivas, formula ideas, es emocional y le interesan los demás.

b) Asimilador: conceptualiza de forma activa, observador, tiene grandes habilidades para modelos teóricos, tiene razonamiento inductivo, le interesan menos las personas y más los conceptos abstractos.

c) Convergente: le gusta llevar a la práctica las ideas, tiene razonamiento hipotético deductivo, poco emotivo, prefiere los objetos a las personas.

d) Acomodador: le gustan las experiencias activas y concretas, llevar a cabo planes, involucrarse en experiencias nuevas, arriesgado e intuitivo, depende de otras personas, se siente cómodo con la gente.

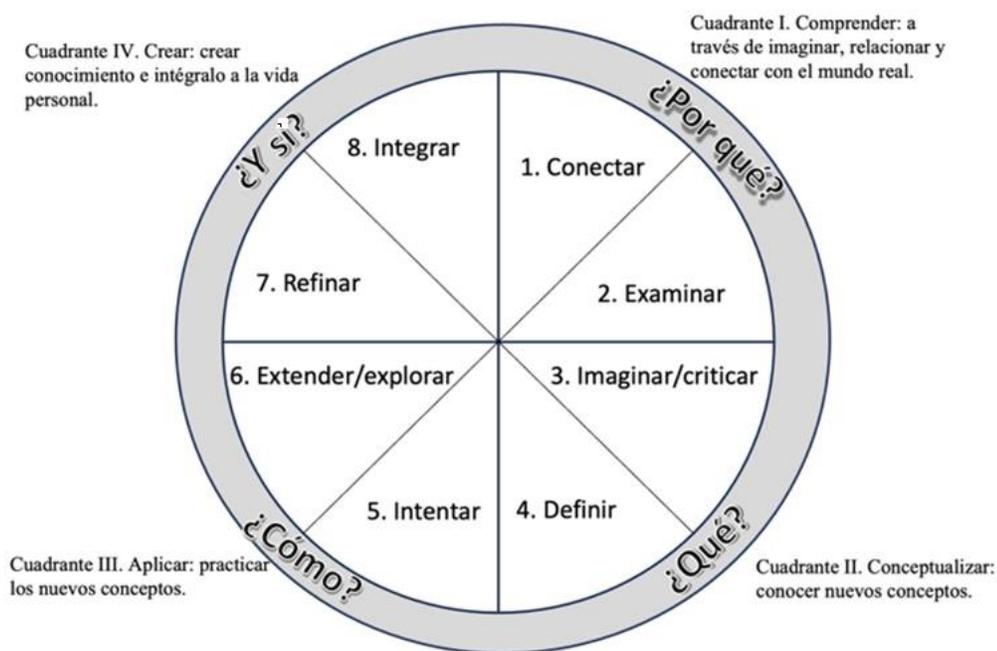
El grupo de trabajo adaptó el modelo 4MAT a los estilos de aprendizaje de Kolb como se muestra en la tabla 1. En la figura 1, se aprecian los cuatro cuadrantes de la metodología propuesta por McCarthy (Alshankyty, 2021) y se puede también observar los dos pasos que incluye cada uno de los cuadrantes.

Tabla 1. Cuadrantes de la asociación modelo de aprendizaje y el modelo 4MAT.

Kolb	McCarthy	Cuadrante	Preguntas
Divergente	Imaginativo	I. Comprender	¿Por qué?
Asimilador	Analítico	II. Conceptualizar	¿Qué?
Convergente	Sentido común	III. Aplicar	¿Cómo?
Acomodador	Dinámico	IV. Crear	¿Y si?

Fuente: Adaptada de las fuentes (McCarthy, 1982 ; Agudelo, Salinas y Mortera, 2010)

Figura 1. Diagrama metodología 4MAT.



Fuente: adaptada de las fuentes (Conde, 2017, McCarthy, 1982).

Cuadrante I. Comprender

Este cuadrante se divide en dos: conectar y examinar, lo que permite responder al porqué del conocimiento (Conde, 2017; McCarthy, 1982). Por lo anterior, en la primera sesión, se comparten las experiencias personales previas en programación y uso de los

sistemas inmersos, se promueve una discusión ordenada para reflexionar el grado del conocimiento que posee cada estudiante y hacer una conexión inicial con el nuevo conocimiento.

Cuadrante II .Conceptualizar

Al integrar las experiencias y tras el análisis dirigido, surge la necesidad de adquirir más conocimiento dentro de nuestro contexto, para resolver problemas identificados en el cuadrante anterior. En este cuadrante el análisis se efectúa a través de imaginar o criticar, para después definir el nuevo conocimiento. Al imaginar, se genera la necesidad de expresar y asociar esos nuevos conocimientos y en la definición se aprenden conceptos y habilidades, sobre lo que se está abordando, respondiendo al “¿qué?” (Salinas, 2008, McCarthy, 1982).

Cuadrante III. Aplicar

Después de que el estudiante comprende el nuevo conocimiento, entonces está listo para usar ese conocimiento en ejemplos o condiciones típicas. Aquí es posible explorar e implementar, para responder el “¿cómo?” (McCarthy, 1982). Asimilando los ejemplos, explorando sus variantes y resolviendo nuevos retos, el estudiante puede interiorizar y adueñarse del conocimiento, hasta desarrollar aplicaciones originales y adaptarlas a necesidades personales.

Cuadrante IV. Crear

En este cuadrante se fomenta la habilidad de extender el alcance de su conocimiento ya asimilado, para refinar las estrategias de su aplicación, identificar posibilidades de integrarlo con otros conocimientos y detectar cómo colaborar en la solución de problemas más complejos. Entonces está listo para el “¿y si?” (Conde, 2017; McCarthy, 1982).

Algunas modalidades de la educación

Identificar la clasificación de las modalidades o formas de educación (Oradini, Barrientos, Yáñez, Pennanen y Aparicio 2022), permite definir el contexto donde se aplicó esta metodología de enseñanza-aprendizaje. La educación presencial es aquella que requiere la presencia física en el aula o laboratorio tanto de los estudiantes como del profesor; se conoce como modalidad síncrona. Una característica es que usualmente no es grabada ni almacenada en algún repositorio digital, en donde el docente por lo regular emplea el pizarrón y un libro de texto o apuntes, a lo que se le conoce como educación tradicional (Arias-Velandia, Rincón-Báez y Cruz-Pulido, 2021). En contraste la educación virtual es un modelo asíncrono y tiene la característica de que el profesor asigna material educativo, a través de

plataformas virtuales como Canvas, BlackBoard, Classroom (Ortiz, Tarango y Romo, 2019; Romero, Chávez y Castillejos, 2023), y se mantiene en contacto con sus estudiantes para resolver dudas o hacer retroalimentación, a través de foros de grupo o por correo electrónico. En estos casos, los estudiantes no tienen que estar presentes en el mismo tiempo y espacio físico con el profesor. A su vez, el profesor hace uso de evaluaciones automáticas y seguimiento de las actividades asignadas. Un ejemplo son los cursos abiertos disponibles en línea de forma gratuita (MOOC, Massive Online Open Courses).

Finalmente, la educación en línea, de acuerdo con lo señalado por Moreira y Delgadillo (2014), es una modalidad en la que, los estudiantes y el profesor están en espacios físicos distintos en un mismo momento. En esta modalidad los docentes y estudiantes participan e interactúan en un entorno digital, a través de recursos tecnológicos, haciendo uso de las facilidades que proporciona el internet y las redes de computadoras de manera sincrónica, es decir, que estos deben de coincidir con sus horarios para la sesión. Se utilizan programas informáticos como son Zoom, Meet y Microsoft Teams para llevar a cabo las videoconferencias. Además, también se incluyen las características de la educación virtual, ya que se puede asignar trabajo en diferentes plataformas y hacer retroalimentación asíncrona a través de chats, foros y correo electrónico. Algunas de las ventajas con la educación en línea son: 1) la economía, ya que se reducen los gastos que implica el uso de espacios físicos, así como también el gasto de los traslados; y 2) la apertura, debido a que se amplía el acceso a la información al mismo tiempo que se reducen las barreras geográficas, al permitir a los usuarios unirse a los cursos, no importando su ubicación (Ruiz, 2013).

Es importante también hacer una distinción entre educación en línea y educación a distancia. De acuerdo con lo señalado por Quezada (2006), la educación a distancia puede ser una parte de forma presencial y otra virtual, aunque esto depende de las instituciones en donde se imparte. En esta modalidad, los alumnos tienen control sobre el tiempo, el espacio y el ritmo de su aprendizaje, porque no se requiere una conexión a internet o recursos computacionales, como en otras modalidades. Los materiales que se utilizan por lo general son físicos, como cuadernos, plumas, colores, entre otros, pero también se pueden incluir recursos digitales. Incluso, hay programas que envían el material educativo y las lecciones por correo postal (Chávez, 2016). Un ejemplo de ello es el que se vivió en la pandemia del 2020 y 2021, en donde a nivel primaria en México, la educación a distancia se daba por canales de televisión abierta, lo cual fue implementado por la Secretaría de Educación Pública en México (SEP, 2020). Ha habido otros casos como el programa de “preparatoria

abierta”, en la que los estudiantes cuentan con el material educativo en físico y van a la institución a tomar alguna asesoría y a presentar los exámenes.

Objetivo

El objetivo de este trabajo es comparar la eficiencia de la implementación del método 4MTA en la educación en línea y presencial en el área de la programación a nivel ingeniería, a través tanto de la percepción de los alumnos, como de la cobertura de los objetivos de cada etapa del proceso y el resultado de su evaluación, aprovechando las bondades de la tecnología.

Materiales y métodos

El alcance de la investigación fue descriptivo (Hernández-Sampieri, 2018) y se trabajó con una metodología cuantitativa debido a que las variables del estudio fueron medidas a través de un cuestionario y se llevó a cabo un análisis estadístico. Se definieron las siguientes variables de investigación: a) implementación del 4MAT en el curso en línea utilizando los recursos digitales, b) verificar si un curso en línea permite a los estudiantes desarrollar aplicaciones originales y adaptarlas a sus propias ideas de la misma forma que un curso presencial; y c) verificar si un curso en línea motivó a los estudiantes en aplicar nuevos temas y analizar la relevancia que tienen los contenidos para su carrera, de la misma manera que un curso presencial.

La población está representada por los estudiantes de Ingeniería de 7° semestre, de un total de nueve semestres que conforman la carrera Ingeniería en Sistemas Automotrices (ISISA-IPN) del Instituto Politécnico Nacional y que cursan la asignatura de Programación de Sistemas Inmersos. Como antecedente se tiene un curso de programación en lenguaje C con un paradigma estructurado. Para esta asignatura solamente se abre un grupo por semestre. El estudio se dividió de la siguiente forma: en el semestre de enero a junio del 2023, se impartió la asignatura en modalidad en línea (grupo experimental), utilizando la metodología 4MAT; y en el semestre de agosto a diciembre de 2023, se impartió empleando también 4MAT, pero con el grupo de en modalidad presencial (grupo de control). La muestra se define como aleatoria debido a que ambos grupos se encontraban constituidos por estudiantes que se inscribieron para tomar la asignatura. El 100% de los alumnos participaron de forma voluntaria en la investigación (Hernández-Sampieri, 2018). En la tabla 7 se describen las características de la muestra.

Tabla 7. Características de la muestra

Característica	Curso Virtual	Curso Presencial
Escuela	UPIITA -IPN	
Carrera	Ing. En Sistemas Automotrices	
Asignatura	Programación de Sistemas Inmersos	
Horas de clase	Horas/ semana/ teoría: 4.5 Horas/semana/práctica: 1.5	
Semestre	Enero-junio 2023	Agosto – diciembre 2023
Estudiantes	21	30
Calificación grupal (media ± desviación estándar)	91.8±23.0	93 ±25.3
Deserciones	1	2

Fuente: Elaboración propia

La asignatura que se trabajó con los dos grupos, el experimental (que fue en línea) y el de control (que fue presencial), fue la Programación de sistemas inmersos. Las competencias de un ingeniero en el área automotriz le deben permitir realizar procesos sistemáticos, resolver problemas prácticos, proponer soluciones acordes al contexto, administrar y gestionar procesos de manufactura complejos en equipos de trabajo (Galárraga, Izaguirre y Orellana, 2021). Estas competencias se requieren incentivar a lo largo de la formación del ingeniero, de forma transversal en la currícula de los estudiantes. La programación de sistemas inmersos es un conocimiento donde se pueden consolidar estas competencias, y la experiencia previa en educación presencial ha demostrado que el proceso de enseñanza y aprendizaje síncronos da resultados utilizando el aula y los laboratorios asignados; sucede que en esta modalidad, en muchas ocasiones de manera natural se involucran elementos del modelo 4MAT, es decir, de una manera implícita basada en nuestra experiencia. Sin embargo, las estadísticas de deserción durante la pandemia revelaron la necesidad de buscar estrategias estructuradas utilizando clases en línea de emergencia, como en este caso, donde a través de la aplicación sistemática de una metodología como la 4MAT se busca garantizar que se proporcionen elementos para recorrer las cuatro etapas del ciclo del aprendizaje.

Implementación del 4MAT

Para lograr la implementación del 4MAT en la educación en línea, es necesario el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) (Tirado y Roque, 2019), vistas como módulos de expresión a través de sesiones virtuales que pueden llevarse a cabo de

forma síncrona o asíncrona, con materiales dinámicos e interesantes para el estudiante, como son videos, juegos, presentaciones digitales, prácticas conjuntas, proyectos. Además, las TIC representan un canal de comunicación para la colaboración y el intercambio, se consideran como un instrumento para procesar información, herramientas de gestión de recursos educativos, herramientas de evaluación, medios didácticos, medios lúdicos y medios para aprender a desarrollar habilidades sociales como la comunicación, trabajo en equipo, planificar, organizar y conciliar (Graells, 2013). En la tabla 2 se describen las herramientas utilizadas en la implementación de la 4MAT en esta propuesta.

Tabla 2. Recursos electrónicos para la educación en línea

	Recurso	Características
1	Microsoft Teams	Ambiente para la comunicación (Guijarro, Rodríguez y Castro, 2021). a) Exposiciones por parte del profesor. b) Comunicación asíncrona a través de tareas programadas c) Chat para comunicación rápida y corta entre el profesor y el grupo d) Espacio para reunión de grupos pequeños e) Grabar clase para su distribución y repetición de forma asíncrona.
2	Google Classroom	<i>Software</i> especializado en la gestión de actividades académicas (Ortiz, Tarango y Romo, 2019; Romero, Chávez y Castillejos, 2023). a) Crear actividades, tareas, evaluaciones, rúbricas, etc. b) Almacenar trabajos de los estudiantes c) Difundir indicaciones, cambios, avisos d) Diseñar y administrar: administrar las calificaciones de actividades escolares de manera personal y grupal.
3	YouTube	Servicio gratuito de almacenamiento y distribución de videos (Ramírez-Ochoa, 2016). a) Se utilizó para mostrar ejemplos de las características principales de la Programación Orientada a Objetos (POO). b) Se seleccionaron y recomendaron como material complementario.
4	Canva	Herramienta web de diseño gráfico (Romero, 2019). a) Elaboración de presentaciones b) Elaboración de libros c) Elaboración de videos
5	Microsoft Whiteboard	Pizarra electrónica incorporada en Teams. Se utiliza como el pizarrón de una clase presencial, con la ventaja que es posible grabar. Todos los estudiantes pueden utilizarlo de forma compartida y todos visualizan en el momento lo que se dibuja o escribe.
6	Microsoft Breakout rooms	Herramienta para trabajo en grupos pequeños de forma remota, incorporada en Teams.
7	Chat	Herramienta para comunicación de texto de forma remota e instantánea.
8	Google Chrome	Buscador de información en la Internet, que cuenta con herramientas inteligentes de búsqueda, traductores, búsquedas especializadas como Google Patents y Google Academic.
9	Lucidchart	Herramienta en línea especializada en la elaboración de diagramas que permite en tiempo real a los usuarios colaborar y trabajar juntos. Se pueden crear diagramas de flujo, diseño UML, organigramas, esquemas de sitios web y prototipos de <i>software</i> (Rueda y Vázquez, 2018).
10	IntelliJ IDEA IDE	Entorno de desarrollo integrado para el diseño e implementación de programas informáticos (<i>software</i>), donde se puede colaborar en tiempo real, en la creación del código, refactorización de este y detectar errores durante la programación.

Fuente: elaboración propia.

El 4MAT está basado en el ciclo del aprendizaje y está diseñado para que las personas puedan aprender de manera significativa. De acuerdo con la definición de Moreira (2012), el aprendizaje significativo “es aquél en el que ideas expresadas simbólicamente interactúan de manera sustantiva y no arbitraria con lo que el aprendiz ya sabe” (p.2). El aprendizaje resulta significativo al estudiante, cuando logra aplicar el conocimiento en la resolución de un problema o situación, es decir, cuando ha pasado de lo teórico a ponerlo en práctica, ya que en ese momento es cuando le da sentido a lo visto en el aula o en un libro o una fuente de información. Este proceso de translación de la información se logra cuando a nivel cognitivo el estudiante ha logrado una interacción entre el conocimiento y su experiencia.

Por lo anterior, es necesario que atraviesen los cuatro cuadrantes con sus dos etapas asociadas a las actividades típicas del funcionamiento del hemisferio izquierdo y derecho. En el hemisferio izquierdo, las actividades típicas en el aprendizaje son el análisis e integración de la información verbal (por lo que facilita el aprendizaje de símbolos como es el lenguaje) y la aritmética. En tanto, las funcionalidades típicas del hemisferio derecho son tareas creativas, como la música; educación física y la educación psicomotriz (Navarro, Iglesias y Caballero, 1990). Iniciando con el cuadrante 1 y siguiendo estos ocho pasos secuenciales, cualquier contenido o proceso puede ser enseñado. La metodología 4MAT permite establecer el significado personal que tiene la programación de los sistemas inmersos para los sistemas automotrices; a través de sus cuadrantes, los estudiantes pueden efectuar la asociación de experiencias que tengan sentido personal, como utilizar ejemplos de términos relacionados con su área al programar las funcionalidades y a través de una discusión dirigida sobre su experiencia en la programación y su uso dentro de sus estudios, que lo lleve a identificar bajo cuáles condiciones las herramientas previas le fueron insuficientes. Esto permitirá motivar al estudiante para diseñar e implementar proyectos que, a su vez, permitan analizar la utilidad y la relevancia que tienen los contenidos del curso para el mejoramiento de la seguridad y confort en los automóviles, seguida por una aplicación práctica, a través de simulaciones y prototipos a escala o en laboratorio para la implementación real.

Se espera que todos los alumnos sean capaces de desarrollar sus habilidades y que logren trabajar de manera autónoma, organizar, identificar y describir los funcionamientos de los sistemas automotrices. Cuando estén trabajando con su área fuerte, tendrán también oportunidad de compartir sus estrategias y desarrollar otras áreas al trabajar con sus compañeros. Cuando sus habilidades estén menos desarrolladas, la propuesta les permitirá

integrarlas y reforzarlas. Todas las habilidades formarán el ciclo del aprendizaje. En la tabla 3 se concentran las fases que corresponden al cuadrante I.

Tabla 3. Implementación 4 MAT del cuadrante I.

Asignatura	Programación de Sistemas Inmersos
Tema	Conceptos introductorios de la Programación Orientada a Objetos (POO)
Cuadrante I. Conocer los antecedentes académicos de los alumnos con respecto a los conceptos y definiciones de la POO, así como analizar las aplicaciones conocidas por el grupo.	
Fase 1. Conecta los términos con las cosas de la vida real y la representación en la programación. Fase 2. Examina los diferentes ejemplos y los relaciona con los conceptos de que es un objeto en la vida real con las características de los objetos en POO.	
Actividad	Generar un diálogo con los estudiantes a través de ejemplos de su vida cotidiana, definiendo y clasificando objetos, describiendo sus características y sus funcionalidades; por ejemplo, un auto, una computadora, un estudiante, un profesor, una mascota, etc.; usando la pizarra para resumir la información. Se utilizan presentaciones digitales de apoyo en la dinámica. Se complementa a través de videos.
Profesor	Organiza grupos pequeño para discusión, organiza el debate grupal, muestra ejemplos dirigiendo a los estudiantes a analizar y reflexionar.
Estudiante	Participa en el debate en grupos pequeños y posteriormente en el grupal. Apoya su exposición del tema con sus experiencias personales, reflexiona y analiza el alcance del conocimiento por aprender.
Recursos	Teams, YouTube, Canva, Whiteboard y Breakout Rooms.

Fuente: elaboración propia

En la tabla 4, se muestran las fases que integraron al cuadrante II.

Tabla 4. Implementación 4 MAT del cuadrante II.

Asignatura	Programación de Sistemas Inmersos
Tema	Conceptos introductorios de la Programación Orientada a Objetos
Cuadrante II. Conceptualiza y se define las características de la POO.	
Fase 3. Imaginar/criticar a través de las definiciones y conceptos necesarios para elaborar sus propios ejemplos de la POO.	
Fase 4. Definir cada una de las características de la POO aplicadas a ejemplos tangibles del mundo real en la programación.	
Actividad	Definir y aprender los conceptos: clases, objetos, atributos y métodos bajo el paradigma de la Programación Orientada a Objetos. Identifica y reconoce el código en el lenguaje de programación para la implementación de dichas definiciones.
Profesor	Utilizando videos, presentaciones y ejemplos en el entorno de programación, se guía al estudiante para que defina y aprenda los conceptos nuevos. Por ejemplo, presentar las características de POO de forma gráfica de un perro, después trasladarlo con las reglas de la programación, se debe hacer la asociación elemento por elemento para que el estudiante logre la conceptualización a través de un ejemplo real. Se utilizan las plataformas digitales para exponer los conceptos con el pizarrón electrónico. Se permite la participación de los estudiantes a través del micrófono y cámara de la sesión. Se envía la información adicional, así como las actividades complementarias a través de la plataforma de Classroom.
Estudiante	Escucha y observa lo expuesto por el profesor, los estudiantes hacen comentarios y preguntas a sus compañeros que permiten el entendimiento y la reflexión de los conceptos nuevos, siguiendo con el ejemplo del perro de cómo se representa cada uno de los elementos de la POO asociados con las características y funcionalidades de un perro. Interactúa a través de preguntas en el chat, reacciones en la plataforma de Microsoft Teams, abriendo su micrófono y cámara. Realiza las actividades propuestas y entrega la resolución de su actividad.
Recursos	Teams, Classroom, YouTube, Canva, Whiteboard, Chat, Lucid Chart, IntelliJ.

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 5 se encuentran las actividades y fases correspondientes al cuadrante III.

Tabla 5. Implementación 4 MAT del cuadrante III.

Asignatura	Programación de Sistemas Inmersos
Tema	Conceptos introductorios de la Programación Orientada a Objetos
Cuadrante III. Aplica los conceptos a través de ejercicios propuestos por el profesor y con su apoyo y asesoría el alumno debe de ser capaz de resolverlos.	
Fase 5. Realizar los ejercicios y critica los resultados a través de conclusiones y razonamientos, después de resolver los ejercicios y actividades complementarias propuestas por el profesor. Fase 6. Extender/explorar: el alumno debe investigar qué tipo de problemas se plantean en su área de formación y cómo se encuentran vinculados a los ejercicios propuestos. Trasladar directamente a ese campo los problemas propuestos y explorar nuevas soluciones basadas en este conocimiento.	
Actividad	Desarrollo de programas con el paradigma Orientado a Objetos. Debe ser de ejemplos simples a ejercicios más complejos. Asignación de ejercicios con aprendizaje en el laboratorio de cómputo y aprendizaje autónomo. Los ejercicios deben de ser orientados a resolver problemas de su carrera, como ejemplo simular un velocímetro de un automóvil o simular el monitoreo del aire acondicionado de un automóvil.
Profesor	Asigna a los estudiantes en grupos pequeños. Dirige y apoya la solución del trabajo en el laboratorio virtual o físico. El profesor debe ingresar en los grupos pequeños por un periodo corto de tiempo para constatar la comprensión del problema y que se lleve a cabo una buena coordinación y asignación del trabajo entre los estudiantes, así como para resolver dudas.
Estudiante	Ingresa a grupos pequeños, participa en la definición de la estrategia de trabajo, participa activamente en la solución de los ejercicios propuestos por el profesor, atiende las observaciones y comentarios de sus compañeros de grupo y es capaz de explicar al profesor su estrategia de solución y su participación en la misma.
Recursos	Teams, Classroom, Breakout Rooms, Lucid Chart, IntelliJ.

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 6 aparecen las actividades empleadas en el cuadrante IV:

Tabla 6. Implementación 4 MAT del cuadrante IV.

Asignatura	Programación de Sistemas Inmersos
Tema	Conceptos introductorios de la Programación Orientada a Objetos
Cuadrante IV. Crear	
Fase 7. Para refinar y profundizar en la aplicación del conocimiento, el estudiante propone sus propios problemas que resuelven una situación de la vida cotidiana. Fase 8. Integrar los conceptos de la POO en la solución al problema de la vida real. Ser capaz de identificar el uso potencial del nuevo conocimiento.	
Actividad	Analizar, diseñar y programar la solución a una situación o problema en su especialidad, por ejemplo, simular controlar la velocidad de un automóvil, monitorear la condición de las llantas de un auto, monitorear el clima de un automóvil, etc.
Profesor	Dirigir el desarrollo del proyecto a desarrollar mediante la asignación de tiempo e integrantes de equipo. Desarrollar una rubrica de evaluación. Evaluar y retroalimentar al estudiante con el objetivo de promover la identificación de los elementos requeridos para el desarrollo de proyectos utilizando este nuevo conocimiento.
Estudiante	Crear conocimiento e integrarlo a la vida personal a través de la identificación de problemáticas a resolver en su especialidad, organizarse en grupos pequeños para resolver el proyecto, guiados por el profesor en el análisis de sus recursos y soluciones propuestas. Investigar e ir más allá de lo propuesto en clase. Comunicarse con el profesor y equipo de trabajo, de forma asíncrona en caso de tener dudas. Exponer la solución del problema para que el profesor la evalúe.
Recursos	Teams, Classroom, YouTube, Canva, Breakout Rooms, Chat, Chrome, Lucid Chart, IntelliJ.

Fuente: elaboración propia.

Para verificar la percepción del alumno sobre su aprendizaje, se aplicó un cuestionario a cada estudiante, relacionando las preguntas, con el objetivo de cada cuadrante de la metodología.

Se obtuvo la validez del cuestionario mediante la revisión de dos profesores que imparten la asignatura, las observaciones efectuadas por ambos profesores fueron consideradas, lo que permitió justificar cada ítem del cuestionario. Las siete preguntas fueron de tipo Likert y los niveles de logro del alcance del objetivo de la estrategia propuesta por cuadrante se dividieron en 1=casi nunca, 2=usualmente no fue posible, 3=ocasionalmente fue posible, 4=usualmente fue posible, 5= casi siempre fue posible. En la tabla 7 se muestran las preguntas del cuestionario y la justificación dada por los profesores.

Tabla 7. Cuestionario para el análisis de la percepción del alumno de su aprendizaje.

Cuadrante en 4MAT	Sección en 4MAT	Número de pregunta en el cuestionario aplicado a los estudiantes	Pregunta	Validez o justificación
I	1	1	¿Los temas del curso te permitieron relacionar experiencias con un sentido personal?	Verifica si el estudiante encuentra valor personal, lo cual es importante para incrementar la motivación desde el comienzo del aprendizaje.
	2	2	¿Las actividades del curso te permitieron reflexionar y analizar sobre los problemas que tuviste que resolver?	Verifica la conexión emocional, y si el contenido ha sido significativo y relevante en un contexto más amplio.
II	3	3	¿Los conceptos que aprendiste en esta asignatura fueron suficientes para resolver los problemas planteados en las prácticas y proyectos?	Verifica la reflexión del estudiante en los conocimientos adquiridos que le permitieron resolver problemas a través de una integración significativa de los contenidos.
	4	4	¿Los ejercicios, prácticas y proyectos fueron suficientes para utilizar los conceptos aprendidos en el curso?	Mide la profundidad de la comprensión e internalización de los contenidos. Verifica si el estudiante no sólo entiende los conceptos teórico sino también puede resolver problemas prácticos.
III	5 y 6	5	¿Los proyectos te permitieron explorar, desarrollar aplicaciones originales y adaptarlas a tus propias ideas?	Verifica la efectividad de los ejercicios y actividades prácticas que le permitieron al estudiante aprender los contenidos. Valida si el estudiante se siente capaz de aplicar los contenidos en problemas o ejercicios nuevos.
IV	7	7	¿Los proyectos te motivaron a integrar, aplicar nuevos temas y elaborarlos más complejos	Verifica si el estudiante es capaz de transferir los conocimientos a situaciones nuevas, de esta

			de lo solicitado?	forma podemos observar que el estudiante ha internalizado el conocimiento y está listo para aplicarlo en un contexto real.
	8	6	¿Los proyectos te permitieron analizar la utilidad y la relevancia que tienen los contenidos del curso para tu carrera profesional?	Verifica si el estudiante se siente motivado y capaz de usar lo aprendido de forma creativa e innovadora. Lo anterior es importante en campos técnicos y profesionales.

Fuente: elaboración propia.

Para evaluar la confiabilidad del cuestionario se consideraron a $m=51$ participantes, para $n=7$ preguntas. La consistencia interna de las preguntas se evaluó con el coeficiente de Cronbach (α), el cual fue calculado haciendo uso de Excel, ya que permitió obtener tanto la suma de las varianzas, como la varianza de las sumas.

Además, se calculó la prueba de las mitades considerando las preguntas 1, 3, 5 y 7 como el primer bloque y las preguntas 2, 4 y 6 como el segundo bloque, lo que permitió medir la correlación entre los resultados de comparar los promedios por participante de cada bloque y calculando la correlación mediante el coeficiente de Spearman, ya que ajusta la correlación al considerar que la variable no es continua y que no es gaussiana la distribución de las muestras.

Resultados y análisis estadístico

El coeficiente de Cronbach fue de 0.97, lo que implica una confiabilidad excelente (ver tabla 8 y anexo 1).

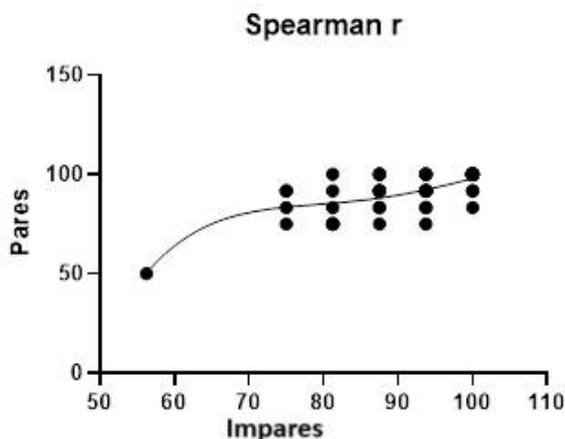
Tabla 8. Valores obtenidos para la obtención del coeficiente alfa de Cronbach.

Variable	Valor
K	7
Sumatoria de varianzas	5451.26874
Varianza de la suma de los ítems	32400
Coefficiente	0.97037

Fuente: elaboración propia.

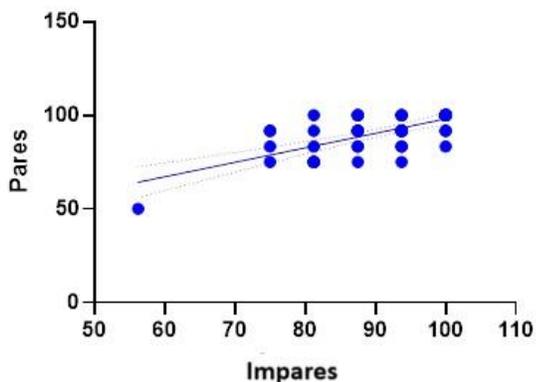
En cuanto a la correlación de las dos mitades, el coeficiente de Spearman fue de 0.622 ($p < 0.0001$), con un intervalo de confianza del 95%, el cual fue [0.4112 a 0.7697]. En las gráficas de las figuras 1 y 2, se observa una correlación positiva entre los bloques de preguntas.

Figura 1. Gráfica resultante del bloque 1 (preguntas impares).



Fuente: elaboración propia.

Figura 2. Gráfica resultante del bloque 2 (preguntas pares)



Fuente: elaboración propia.

El Coeficiente de Pearson y el ajuste lineal de los bloques de preguntas fue de 0.6924 con un intervalo de confianza de [0.5151 a 0.8129], pero debido a que no es una variable continua, no es tan preciso como Spearman.

Se observó que hubo mayor deserción en el presencial, y al hacer una comparación entre los dos grupos con la prueba t-student con $\alpha = 0.05$, no se encontró una diferencia significativa ($p < 0.05$) entre el desempeño de los dos grupos, mientras que la evaluación muestra que ambos grupos cumplieron satisfactoriamente el curso.

La investigación arrojó información para analizar la causa-efecto de la 4MAT en cursos en línea.

Los resultados obtenidos por la implementación de 4MAT en los dos grupos se compararon por pregunta en función de lo reportado por los estudiantes, como el logro percibido en cada uno de los rubros involucrados en el ciclo de aprendizaje.

En la tabla 9 se presenta el nivel de logro reportado (1 a 5 según la escala), considerando el 5 como el nivel más alto (80-100%) y 1 como el que casi nunca se logró el objetivo, lo que correspondería entre un 0 a 20%, además del porcentaje de respuestas de los grupos de alumnos, es decir, el porcentaje de la muestra de estudiantes a quienes se consideran que obtuvieron ese nivel. Los valores remarcados en negritas son las máximas prevalencias por pregunta y la suma de los porcentajes en cada renglón por columna debe dar el 100%, ya que corresponde al total de los alumnos.

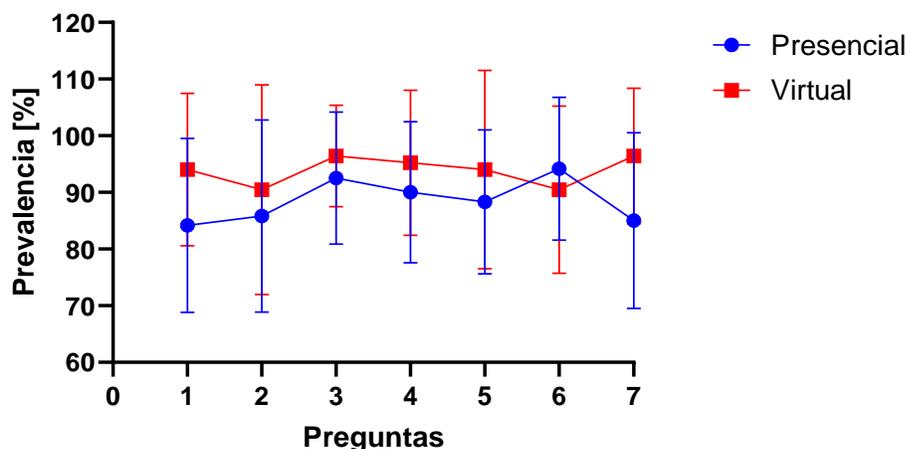
Tabla 9. Resultados del análisis cuantitativo de la percepción de los alumnos.

Cuadrante/ Pregunta		En línea (21 alumnos) (Nivel de logro, % alumnos)	Presencial (30 alumnos) (Nivel de logro, % alumnos)
I	1	(3,4.8%), (4,14.2%), (5,81%)	(3,6.7%), (4,50%), (5,43%)
	2	(2,9.5%), (4,14.3%), (5,76.2%)	(2,3.3%), (4,50%), (5,46%)
II	3	(4,14.3%), (5,85.7%)	(4,30%), (5,70%)
III	4	(3,4.8%), (4,9.5%), (5,85.7%)	(4,40%), (5,60%)
	5	(2,4.8%), (4,9.5%), (5,85.7%)	(4,46.7%), (5,53.3%)
IV	6	(3,4.8%), (4,28.6%), (5,66.7%)	(3,3.3%), (4,16.7%), (5,80%)
	7	(3,4.8%), (4,4.8%), (5,90.5%)	(3,6.7%), (4,46.7%), (5,46.7%)

Fuente: elaboración propia.

Si consideramos que el efecto es positivo a partir del nivel 3 (60-80% de logro), entonces tenemos que, en los dos tipos de curso, siempre fue posible completar el ciclo 4MAT, desde identificar su experiencia previa hasta la apropiación del conocimiento y resolución de proyectos. Se observa en la figura 3 que más del 70% de los alumnos cumplieron el objetivo de cada etapa. Sin embargo, el grupo del curso en línea tiende a tener una percepción de logro de cada una de las etapas, más alto en todo el proceso, y sólo en la identificación de ejemplos reales en su campo de conocimiento el método presencial fue mayor, esto se puede deber a que la discusión dirigida en el aula incentiva la participación de los alumnos y al profesor a identificar actitudes de participación dudosas que pueden ser alentadas.

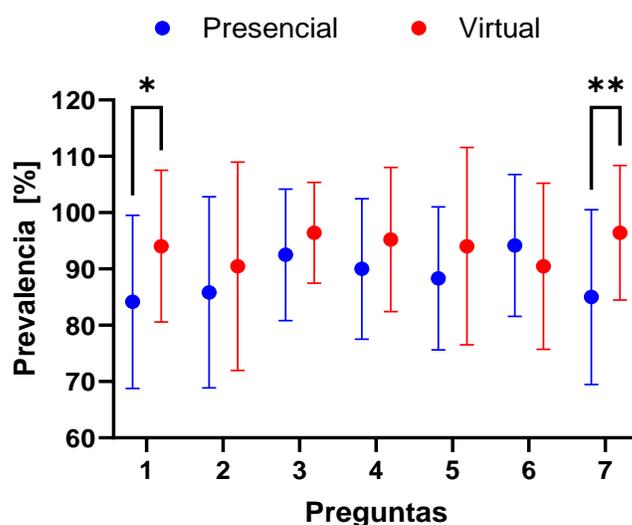
Figura 3. Prevalencia de las respuestas [0-100]% de cumplimiento del objetivo de cada etapa en las clases presencial y virtual.



Fuente: elaboración propia.

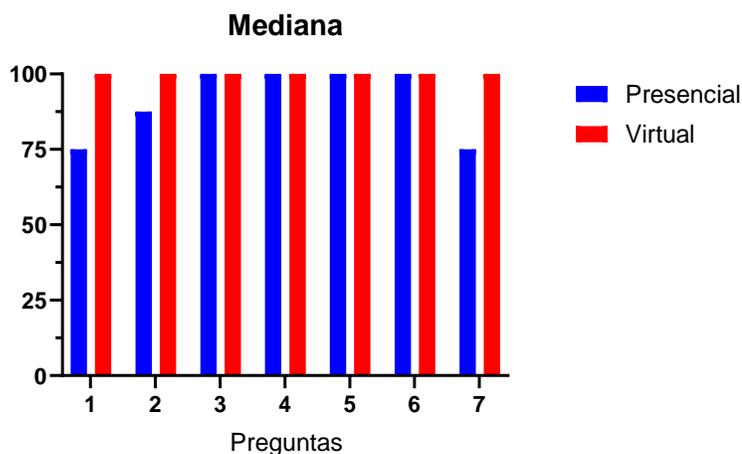
Las comparaciones se hicieron para un análisis con un modelo de efectos múltiples tipo III, sin asumir esfericidad, con alfa de 0.05, donde se utilizó el método de Tukey para comparar todos los promedios entre sí de las preguntas de los dos grupos (figuras 4 y 5).

Figura 4. Comparación de la percepción del cumplimiento de los objetivos de las clases presencial y virtual, obtenida a partir de las preguntas del cuestionario, con *P adjusted <0.05, **p adjusted<0.005



Fuente: elaboración propia.

Figura 5. Mediana de la percepción del cumplimiento de los objetivos del 4MAT de las clases presencial y virtual.

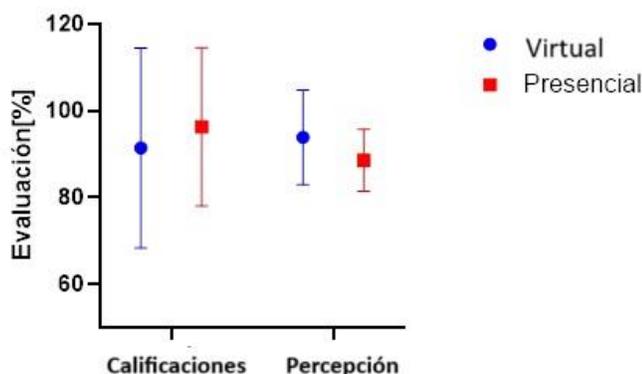


Fuente: elaboración propia.

Si no asumimos que la distribución de las muestras es gaussiana, y considerando que el cuestionario Likert es por rangos, entonces es conveniente analizar las medianas, ahí es más evidente las diferencias en las tendencias de ambos grupos a lo largo del ciclo del aprendizaje (4MAT).

Por último, se consideraron los promedios, desviación estándar y número de participantes para realizar una comparación entre los cambios del desempeño en el curso y la percepción general de logro de los alumnos, para verificar si hay alguna diferencia entre los dos métodos de enseñanza, con el método de comparación TWO-WAY ANOVA ordinario y un $\alpha=0.5$. Se observa que no hay diferencias significativas entre los dos modos de impartir el curso, y que la calidad del curso se mantiene, como se observa en la figura 6.

Figura 6. Comparación de la percepción del cumplimiento del objetivo y las calificaciones obtenidas de manera grupal con 4MAT aplicado en las clases presencial y virtual.



Fuente: elaboración propia

Discusión

De acuerdo con las variables de investigación se puede observar, en el análisis estadístico realizado, que fue posible la implementación de la metodología 4MATE tanto en un curso presencial como en el curso virtual. En la figura 5 se observa que los porcentajes siempre fueron mayores de 70%, eso indica que en ambos casos el estudiante considera que usualmente o casi siempre cubrió el objetivo de la etapa considerada dentro del 4MAT, lo que se ve reflejado en las evaluaciones a través de exámenes aplicados en el curso, tanto en los estudiantes que atendieron el curso virtual como los que asistieron al curso presencial. A lo largo del recorrido del ciclo de aprendizaje se tuvo una percepción mayor de logro en el curso virtual que en el presencial, sin embargo, en el resto de los pasos de la 4MAT no siempre hubo una diferencia significativa entre ambos grupos.

Con respecto al desempeño en los cuadrantes, en el primero y el último se observó una percepción de logro menor en el grupo que tomó el curso presencial con respecto al virtual, ya que hubo una menor manifestación por parte de los estudiantes en la forma como ellos percibían, procesaban y comunicaban la información con relación al curso que se impartió de forma virtual, por lo que, de acuerdo a lo señalado por Thitiporn, Punsrigate, y Srikoon (2023), el sistema 4MAT se integró de mejor manera al ciclo de aprendizaje en la modalidad virtual, aunque también alcanzó un buen nivel en la forma presencial. En las preguntas 1 y 2, que se refieren a reflexionar sobre experiencias con un sentido personal, fue mayor el valor obtenido en el curso virtual que en el curso presencial, esto se debió a que el

estudiante pudo conectarse a internet y examinar el tema para complementar la discusión usando las herramientas digitales disponibles en las computadoras. Este resultado coincide con lo señalado por Tirado y Roque (2019) y por Graells (2013), al señalar que las TIC que se emplean en la educación en formato virtual representan un canal de comunicación para la colaboración y el intercambio de la información, lo que permite llevar a cabo las distintas etapas de metodologías empleadas en el proceso de enseñanza y aprendizaje. La pregunta 7 está asociada al cuarto cuadrante, donde se busca integrar el nuevo conocimiento a las herramientas útiles del estudiante para resolver problemas, y se observó que en las clases virtuales se tuvo una percepción de logro mayor con respecto a las clases presenciales, en las que los alumnos también se motivaron a integrar, aplicar nuevos temas y elaborar propuestas más complejas de lo solicitado, esto debido a la posibilidad de observar de forma simultánea el desarrollo, la evolución y la entrega de los proyectos de cada uno de los alumnos de forma grupal. Esto se pudo gracias a las herramientas como Microsoft Teams, que permiten reuniones síncronas, además de compartir las pantallas de cada uno de los estudiantes y observar todo lo que hacen los demás. Estos resultados que se obtuvieron apoyan una de las características de la metodología 4MAT, referente a que conduce al estudiante a un aprendizaje significativo, de acuerdo con la definición revisada por Moreira (2012).

Aunque a lo largo del recorrido del ciclo de aprendizaje, en el curso virtual se tuvo una percepción mayor de logro que en el presencial, en el resto de los pasos de la 4MAT no hubo una diferencia significativa entre ambos grupos; las calificaciones del curso virtual fueron ligeramente menores que en el presencial, pero se observó menos deserción.

Conclusiones

El estudio piloto permitió evaluar la factibilidad de continuar con la educación en línea en la signatura de “Programación de sistemas inmersos” que se imparte en una de las Unidades Académicas del IPN, para lo cual es fundamental que el profesor elabore el plan de sus clases acorde a la metodología 4MAT, incluyendo actividades, problemas y ejercicios afines a la carrera del estudiante. También se requiere que la plataforma digital donde se impartirán las clases cuente con componentes como un pizarrón virtual para que pueda hacer anotaciones, el poder dividir a los alumnos en grupos pequeños y asignarlos a distintas salas a cada equipo, micrófono y cámara de la sesión para la participación de los estudiantes, alojar material y recursos digitales como apuntes, diapositivas, etc.

Se encontró que se logró promover la asimilación de conocimientos por parte de los estudiantes, basada en la metodología 4MAT, por medio del diseño del curso, donde se observa que los resultados en un grupo de estudiantes a través de la educación en línea y en un grupo control de forma presencial, fueron similares y que en algunos aspectos como el de conectar, examinar e integrar fueron mayores en el curso virtual que en el presencial. Este trabajo pretende ser una reflexión crítica de opciones de diseño de los cursos en línea como una posible respuesta a las necesidades actuales de acceso universal a la educación. El uso de los recursos TIC, combinados con los LMS, y un diseño basado en 4MAT, permiten mantener la calidad de los cursos, manteniendo la motivación como un factor relevante en el apego del estudiante al curso de asignaturas que usualmente se imparten presencialmente.

Futuras líneas de investigación

La investigación se llevó a cabo con una asignatura perteneciente al área de computación, en una Unidad Académica perteneciente al IPN, por lo que como trabajo a futuro se propone ampliar el estudio considerando otras asignaturas, como el caso de Ciencias Básicas, que incluye las diferentes disciplinas de matemáticas y física. Otra futura línea de investigación consistiría en evaluar cómo la información de los perfiles de aprendizaje de los alumnos propuestos por Kolb, pueden impactar con la relación enseñanza-aprendizaje dentro de los cursos en línea.

También se propone realizar un análisis que incluya otras herramientas tecnológicas y espacios virtuales que permitan el correcto uso de la metodología propuesta. Finalmente, otra futura línea de investigación consistiría en el uso de la metodología en el caso de las clases presenciales.

Agradecimientos

Las autoras agradecemos a la SIP por el apoyo proporcionado en el desarrollo de la investigación, ya que ésta derivó de dos proyectos. El que tiene registro SIP 20240910 y al proyecto Multired con número 20243977.

Referencias

- Agudelo, L. N., Salinas, V. y Mortera, F. J. (2010). Estilos de aprendizaje basados en el modelo de Kolb en la educación virtual. *Apertura*, (2)1, 1-20. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/237038875>
- Alshankyty, O.M. (2021). The Effectiveness of A Teaching Program Based on the Mccarthy Model (4MAT) in Developing Creative Writing Skills and Reflective Thinking Among University Students. *Journal of Educational and Psychological Researches*, 18(70), 73-116. DOI: 10.1016/j.heliyon.2022.e12657
- Arias-Velandia, N., Rincón-Báez, W. U. y Cruz-Pulido, J. M. (2021). Diferencia de logro geolocalizado en educación presencial y a distancia en Colombia. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 23, e18, 1-22. DOI: 10.24320/redie.2021.23.e18.3711
- Conde, M. G. (2017). Aplicación del ciclo 4MAT para facilitar la gestión del conocimiento en equipos de trabajo. [Tesis doctoral]. Univeritat: Islas Baleares.
- Chaves, A. (2016). La educación a distancia como respuesta a las necesidades educativas del Siglo XXI. *Revista Academia y Virtualidad*, 10(1), 23-41. DOI: 10.18359/ravi.2241
- De la Cruz-Flores, G. (2020). El hogar y la escuela: lógicas en tensión ante la COVID-19. Educación, escuela y continuidad pedagógica. Educación y pandemia. Una visión académica, México: IISUE-UNAM. Recuperado de https://www.iisue.unam.mx/investigacion/textos/educacion_pandemia.pdf
- Galárraga, S. I. Izaguirre, J. A. y Orellana, O. S. (2021). Valoración de competencias profesionales por parte de los empleadores de ingenieros automotrices. *Opuntia Brava*, (13)4, 225-235. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/356108472>
- Graells, P. R. (2013). Impacto de las TIC en la educación: funciones y limitaciones. *Revista de Investigación 3 Ciencias*, 1(1), 1-15. Recuperado de <https://3ciencias.com/wp-content/uploads/2013/01/impacto-de-las-tic.pdf>
- Guijarro, C., Rodríguez, M. y Castro, A. Z. (2021). Plataforma Microsoft Teams y su influencia en el aprendizaje de estudiantes de básica superior. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria KOINONIA*, 3(6), 510-527. DOI: 10.35381/r.k.v6i3.1329
- Hernández-Sampieri, R. (2018). Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. México: McGraw Hill

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2020). Resultados de la Encuesta para la Medición del Impacto COVID-19 en la Educación (ECOVID-ED) Recuperado de https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2021/OtrTemEcon//ECOVID-ED_2021_03.pdf.
- Ingeniería en Sistemas Automotrices Instituto Politécnico Nacional [ISISA-IPN]. (2024). Recuperado de <https://www.upiita.ipn.mx/oferta-educativa/isisa>
- Leiton-Quintero, M., Mesa Bejarano, M. y Ortíz Carabali, M. S. S. (2022). Retos de la educación: una mirada durante y después de la pandemia (2019- 2022). *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(2), 1718-1730. DOI: 10.37811/cl_rcm.v6i2.1987
- McCarthy, B. (1982). Improving staff development through CBAM and 4MAT. *Educational Leadership*, 40(1), 20-25. Recuperado de <https://www.semanticscholar.org/paper/Improving-Staff-Development-through-CBAM-and-4Mat.-McCarthy/60d64f924afae0d1a36f7c2256dcc1de182f9aeb>
- Moreira, M. A. (2012)¿Al final, qué es aprendizaje significativo? *Revista Qurrriculum*, 25, 29-56. Recuperado de <https://revistaq.webs.ull.es/ANTERIORES/numero25/moreira.pdf>
- Moreira, C. y Delgadillo, B. (2014). La virtualidad en los procesos educativos: reflexiones teóricas desde su implementación. *Tecnología en Marcha*, 28(1), 121-129. Recuperado de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0379-39822015000100121&script=sci_abstract&tlng=es
- Navarro, A., Iglesias, E. y Caballero P. (1990). La lateralización hemisférica de funciones como proceso mediador del aprendizaje en el aula, 8(16), 143-148. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10201/95396>
- Oradini, N. Barrientos, Yáñez, V., Pennanen, C. y Aparicio, C. (2022). Análisis sobre la educación virtual, impactos en el proceso formativo y principales tendencias. *Revista de ciencias sociales*, 28(4), 496-511. Recuperado de <https://produccioncientificaluz.org/index.php/rcs/index>
- Ortiz, J., Tarango, J. D. y Romo, J. R. (2019). Evaluación según diseño y aprendizaje de Google Classroom y Chamilo. *Revista de Investigación Educativa de la REDIECH* 10(19), 91-104.

- Quezada, R. (2006). Evaluación del aprendizaje en la educación a distancia “en línea”. *Revista de Educación a Distancia*, M6, 1-15. Recuperado de <https://digitum.um.es/digitum/bitstream/10201/75321/1/02.pdf>
- Ramírez-Ochoa, M. (2016). Posibilidades del uso educativo de YouTube. *Ra Ximhai*. 12(6), 537-546. DOI: 10.35197/rx.12.01.e3.2016.34.mr.
- Rico, B. A. (2022). Estrategia Tecnológica Colaborativa (ETC) basada en la revisión por pares para estudiantes de Ingeniería. *Revista Conexión*, 11(32), 30.
- Romero, J., Chávez, B. y Castillejos, M. E., (2023). Estado del conocimiento del sistema 4MAT en la investigación educativa y el aprendizaje del inglés. *Revista Educación* 47(1), 1-19 DOI: DOI: 10.15517/revedu.v47i1.49961
- Romero, A. (2019). *Canva: Diseño de materiales didácticos y juegos educativos*. Madrid, España: Instituto Nacional de Tecnologías educativas y de Formación del Profesorado (INTEF).
- Rueda, R. A. y Vázquez, J. J. (2018). Aplicación en la nube Lucidchart: ¿herramienta necesaria para la innovación del proceso educativo en el siglo XXI?. *Revista de Comunicación de la SEECI*, 44(1), 115-126. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6295964>
- Ruiz, Y. (2013) Evaluación de las competencias genéricas en la universidad. Estudio comparativo entre un entorno b-learning y presencial (tesis doctoral). Universidad Complutense de Madrid. Recuperado de <https://eprints.ucm.es/24008/1/T35050.pdf>
- Salinas, J. (2008) Nuevos escenarios y metodologías didácticas en los entornos virtuales de enseñanza-aprendizaje. *Revista Portuguesa de Pedagogía*, 22(1), 79-100. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/232242448_Nuevos_escenarios_y_metodologias_didacticas_en_los_entornos_virtuales_de_ensenanza-aprendizaje
- Secretaría de Educación Pública [SEP], (2020) Transmitirán sistemas públicos de comunicación contenidos educativos durante el receso escolar preventivo por COVID-19. Recuperado de <https://www.gob.mx/sep/es/articulos/boletin-no-75-transmitiran-sistemas-publicos-de-comunicacion-contenidoseducativos-durante-el-receso-escolar-preventivo-por-covid19?idiom=es>
- Stankovic, J. A. (1996). Real-time and embedded systems. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 28(1), 205-208. DOI: 10.1145/234313.234400

- Thitiporn, S., Punsrigate, K. & Srikoon, S (2023). The effectiveness of 4MATE teaching model in enhancing creative thinking, attention, and working memory in Thai context. *International Journal of Instruction*, 16(4), 725-746. DOI:10.29333/iji.2023.16441a
- Tirado, P. J. y Roque, M. del P. (2019). TIC y contextos educativos: frecuencia de uso y función por universitarios. *EDUTECH. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 67(1), 31-47. DOI: 10.21556/edutec.2019.67.1135

Rol de Contribución	Autor (es)
Conceptualización	Blanca Alicia Rico Jiménez
Metodología	Blanca Alicia Rico Jiménez (igual), Laura Ivoone Garay Jiménez (igual), Elena Fabiola Ruiz Ledesma (igual).
Software	No aplica
Validación	Blanca Alicia Rico Jiménez (igual), Laura Ivoone Garay Jiménez (igual), Elena Fabiola Ruiz Ledesma (igual).
Análisis Formal	Laura Ivoone Garay Jiménez (Igual), Elena Fabiola Ruiz Ledesma (igual).
Investigación	Blanca Alicia Rico Jiménez
Recursos	Blanca Alicia Rico Jiménez
Curación de datos	Blanca Alicia Rico Jiménez (igual), Laura Ivoone Garay Jiménez (igual), Elena Fabiola Ruiz Ledesma (igual).
Escritura - Preparación del borrador original	Blanca Alicia Rico Jiménez (principal), Laura Ivoone Garay Jiménez (apoyo),
Escritura - Revisión y edición	Laura Ivoone Garay Jiménez (igual), Elena Fabiola Ruiz Ledesma (igual).
Visualización	Elena Fabiola Ruiz Ledesma (principal), Laura Ivoone Garay Jiménez (apoyo)
Supervisión	Elena Fabiola Ruiz Ledesma
Administración de Proyectos	Blanca Alicia Rico Jiménez (igual), Laura Ivoone Garay Jiménez (igual), Elena Fabiola Ruiz Ledesma (igual).
Adquisición de fondos	Blanca Alicia Rico Jiménez (igual), Laura Ivoone Garay Jiménez (igual), Elena Fabiola Ruiz Ledesma (igual).