

Desarrollo y evaluación de un Ambiente Virtual de Aprendizaje para fortalecer los conocimientos matemáticos en la enseñanza de circuitos en programas de ingeniería

Development and evaluation of a Virtual Learning Environment to enhance mathematical proficiency in teaching circuits within engineering programs

Maximiliano De Las Fuentes-Lara¹, Wendolyn Elizabeth Aguilar-Salinas², César Amaro Hernández³, César Gonzalo Iñiguez Monroy⁴

¹ Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California. Mexicali, México maximilianofuentes@uabc.edu.mx

² Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California. Mexicali, México aguilar.wendolyn@uabc.edu.mx

³ Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California. Mexicali, México cesaramaro@uabc.edu.mx

⁴ Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California. Mexicali, México cesar.iiguez@uabc.edu.mx

Recibido: 18/10/2023

Aceptado: 22/4/2024

Copyright ©

Facultad de CC. de la Educación y Deporte.

Universidad de Vigo



Dirección de contacto:

Wendolyn Elizabeth Aguilar Salinas

Bulevar Benito Juárez, s/n

C.P. 21280 Mexicali

Baja California, México

Resumen

Se diseñó e implementó un ambiente virtual de aprendizaje para mejorar las habilidades matemáticas de los estudiantes de Ingeniería que cursan la asignatura de circuitos en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California. El contenido del AVA se basó en las habilidades y conocimientos matemáticos que requieren los estudiantes para tener un desempeño académico adecuado en la clase de circuitos y las necesidades identificadas por académicos de ciencias básicas e ingeniería eléctrica. La metodología de construcción del ambiente virtual de aprendizaje implicó la configuración de un diseño de instrucción para la elaboración virtual de los módulos de instrucción que motivan al estudiante la utilización de los recursos didácticos proporcionados. La puesta en escena del ambiente virtual de aprendizaje se llevó a cabo en la plataforma institucional BlackBoard durante el ciclo escolar 2023-1, con 47 estudiantes voluntarios. Se encontró una correlación positiva de 0,51 entre las calificaciones en las actividades del entorno y las calificaciones finales en circuitos. El tiempo dedicado al entorno fue crucial, ya que el 77% de los estudiantes que invirtieron al menos el 70% del tiempo destinado a la realización del AVA acreditaron la asignatura de circuitos. Estos resultados proporcionan valiosa información para mejorar la enseñanza y el rendimiento de los estudiantes.

Palabras clave

Circuitos, Ambiente virtual, Evaluación Predictiva, Validez, Confiabilidad

Abstract

A virtual learning environment was designed and implemented to enhance the mathematical skills of engineering students taking the Circuits course at the Faculty of Engineering, Autonomous University of Baja California. The content of the VLE was based on the mathematical skills and knowledge required by students to achieve adequate academic performance in the Circuits course, as well as the needs identified by academics in basic sciences and electrical engineering. The methodology for constructing the virtual learning environment involved the development of an instructional design for the virtual creation of instructional modules that motivate students to utilize the provided educational resources. The deployment of the virtual learning environment took place on the institutional platform BlackBoard during the 2023-1 academic term, involving 47 voluntary students. A positive correlation of 0,51 was found between grades in the environment's activities and final grades in the Circuits course. The time dedicated to the environment was crucial, as 77% of students who invested at least 70% of the allocated time for the VLE activities successfully passed the Circuits course. These results offer valuable insights for improving teaching and student performance.

Key Words

Circuits, Virtual Environment, Predictive Assessment, Validity, Reliability

1. INTRODUCCIÓN

El estudio de circuitos es fundamental en Ingeniería debido a su aplicabilidad en múltiples disciplinas, como eléctrica, electrónica, mecatrónica y telecomunicaciones. Un sólido conocimiento en circuitos facilita la colaboración eficaz en proyectos multidisciplinarios y mejora la comunicación interdisciplinaria de los ingenieros. Además, los circuitos eléctricos y electrónicos son fundamentales para la tecnología moderna, abarcando desde dispositivos electrónicos cotidianos hasta sistemas de comunicación y automatización, lo que exige que los ingenieros cuenten con una sólida comprensión y habilidades en análisis y diseño respaldadas por conocimientos matemáticos y eléctricos.

Sin embargo, los conceptos y procedimientos matemáticos vinculados a los teoremas de circuitos representan una temática curricular de gran importancia. El uso de un enfoque tradicional de enseñanza para esta asignatura que incorpora pizarrón, marcador y cuaderno, aunado a las deficiencias académicas de los estudiantes, genera una complejidad en los contenidos y visualiza la carencia de entornos adecuados para llevar a cabo prácticas pedagógicas (Lozada y Tovar, 2020). Además, en una investigación de Palacios y Laverde (2014) en programas tecnológicos relacionados con electricidad y electrónica se señala que la enseñanza tradicional sin recursos tecnológicos afecta el rendimiento estudiantil, especialmente en la comprensión de circuitos en serie y en paralelo, así como en la interpretación de modelos matemáticos.

En un contexto más amplio, las matemáticas se construyen como un saber esencial en una sociedad de desarrollos tecnológicos sin precedentes, pero a menudo representan un desafío significativo para los estudiantes. Las matemáticas son uno de los campos más herméticos, acumulando una serie de obstáculos que generan frecuentes dificultades y fracasos (Carbonero y Navarro, 2006). Esto convierte a las matemáticas en un filtro crítico que influye en la elección de carrera de los estudiantes y en su eficiencia terminal.

En el ámbito de la educación, los instrumentos diagnósticos desempeñan un papel fundamental al identificar los conocimientos iniciales de los estudiantes, lo que permite

a los docentes la creación de nuevas oportunidades de aprendizaje. Por ejemplo, matemáticas es una asignatura fundamental en la formación de ingenieros (Morales, 2009); si carecen de fundamentos en habilidades matemáticas debido a una formación deficiente en la educación secundaria o preparatoria, les resultará difícil comprender y asimilar los conceptos matemáticos a nivel universitario (Encinas et al., 2016). La evidencia de una educación preuniversitaria deficiente se refleja en el bajo rendimiento de los estudiantes en los cursos universitarios (Orozco y Díaz, 2009).

Las capacidades de los estudiantes no se desarrollan de manera aislada, sino sobre la base de conocimientos previos. En este sentido, Ausubel et al. (1983) mencionan que el factor más importante que influye en el aprendizaje, es lo que el alumno ya sabe. Esto puede observarse en el estudio realizado por Orozco-Moret y Morales (2007), donde el 70% de los estudiantes que estaban repitiendo una asignatura del área matemática durante el primer semestre universitario de Ingeniería coincidieron en que la carencia de conocimientos previos constituía la causa principal de su retraso en dicha asignatura. Según el departamento de trayectoria escolar de la Facultad de Ingeniería Mexicali el promedio de aprobación de la unidad de aprendizaje de circuitos apenas alcanza el 39% en periodo ordinario durante los ciclos escolares 2021-2, 2022-1 y 2022-2.

Hoy en día los recursos tecnológicos juegan un papel fundamental en los procesos educativos, las tecnologías aplicadas a la enseñanza han contribuido a facilitar procesos de creación de contenidos (Cacheiro, 2011), particularmente las metodologías activas de aprendizaje fortalecen el cambio de enfoque mediante una serie de iniciativas que promueven la adquisición de conocimientos significativos y profundos (Aparicio y Ostos, 2021) y la inclusión de recursos tecnológicos bien planeados fomentan la participación activa del estudiante en su propio proceso de aprendizaje (Barroso-Osuna et al., 2019; Herodotou et al., 2019; Parra-González et al., 2020). Además, los recursos educativos abiertos potencian oportunidades de aprendizaje constante y fomentan el pensamiento crítico y creativo mediante un proceso que se enfoca en el estudiante como centro del aprendizaje (Kim et al., 2020; Chiappe y Lee, 2017; Zhang y Li, 2017).

Los entornos virtuales de aprendizaje, también conocidos como ambientes virtuales, son prácticas educativas que operan y se desarrollan en línea, a través de internet. Estos entornos permiten una comunicación efectiva y constante entre los usuarios (Coll y Monereo, 2008) y se ajustan a los principios pedagógicos que guían el desarrollo de los contenidos establecidos para el aprendizaje (Dillenbourg et al., 2002).

Estos entornos virtuales crean nuevos espacios de colaboración tanto entre profesores y estudiantes como entre los propios estudiantes, lo que va más allá de los paradigmas tradicionales de enseñanza. Esta evolución impacta significativamente en el logro del aprendizaje (Brioli et al., 2011; Betegón et al., 2012).

Basándose en lo expuesto, este estudio de investigación se enfoca en la creación e implementación de un ambiente virtual de aprendizaje (AVA), partiendo de la concepción y estructuración de un diseño instruccional (DI) destinado a la creación virtual de módulos didácticos. Estos módulos buscan incentivar a los estudiantes a utilizar los recursos educativos relacionados con contenidos matemáticos requeridos en la unidad de aprendizaje de circuitos en programas de Ingeniería. Para tal efecto, resulta esencial disponer de un instrumento diagnóstico que posibilite identificar las habilidades y conocimientos matemáticos de los estudiantes al comenzar esta asignatura, partiendo de la premisa que la eficacia de un proceso educativo no está en la modalidad en la que se imparta, sino en los planteamientos pedagógicos, a partir de que no existen diferencias

significativas entre los resultados obtenidos en la impartición de clases en modalidad presencial o en línea (García, 2017).

2. MÉTODO

La investigación realizada abarca dos enfoques principales. Por un lado, se caracteriza como un estudio descriptivo, ya que tiene como objetivo realizar un análisis detallado de la calidad técnica de los reactivos que conforman el instrumento de medición diagnóstica. Por otro lado, también adopta una perspectiva exploratoria, ya que busca descubrir posibles hallazgos relacionados tanto con las habilidades matemáticas de los estudiantes de Ingeniería al comienzo de la asignatura de circuitos que son fundamentales para su desempeño, como con el impacto que la participación en el AVA tiene en su rendimiento escolar.

Los contenidos matemáticos que requieren los estudiantes para tener un desempeño académico adecuado en la clase de circuitos fueron determinados mediante consenso por los profesores miembros del cuerpo académico de ingeniería eléctrica, a partir de su experiencia de más de 20 años tanto en el campo laboral como impartiendo clases de circuitos, siendo estos los siguientes: aritmética (operaciones con fracciones), álgebra (operaciones con polinomios, factorización, operaciones con fracciones, fracciones parciales), álgebra superior (transformación y operaciones con números complejos, vectores), álgebra lineal (sistemas de ecuaciones lineales), física (unidades), trigonometría (conversión de grados a radianes y viceversa, enunciados de problemas que se resuelven mediante trigonometría del triángulo rectángulo), geometría (ecuación de la línea recta), cálculo (funciones trigonométricas, límites y área bajo la curva).

En la elaboración del instrumento de medición diagnóstica se adoptó el modelo de Nitko (1994) para desarrollar exámenes alineados con el currículo. Dicho modelo se complementa con la metodología de construcción de pruebas criterioles de Popham (1990) y aportes metodológicos y operativos de Contreras (2000, 2004). Con el propósito de asegurar que el instrumento permita medir las habilidades y conocimientos matemáticos requeridos para cursar efectivamente la asignatura de circuitos en una carrera de Ingeniería, se considera necesaria la determinación de la confiabilidad, la validez de contenido, así como los índices de dificultad, discriminación y correlación biserial (Carmines y Zeller, 1987).

Seis profesores con doctorados y experiencia en matemáticas para ingeniería colaboraron en la construcción del instrumento. Dos de ellos trabajaron en el diseño, otros dos en las especificaciones, y los dos restantes contribuyeron en la creación de los reactivos. Su tarea incluyó analizar el currículo, identificar contenido relevante, desarrollar especificaciones y justificar las decisiones tomadas.

El instrumento de medición se fundamenta en las habilidades y conocimientos matemáticos esenciales para el éxito en la asignatura de circuitos en programas de ingeniería. Estos conceptos y procedimientos están relacionados con el currículo de álgebra y cálculo en las carreras de Ingeniería.

El propósito del instrumento de medición es establecer las condiciones iniciales de los estudiantes que cursan la asignatura de circuitos en cuanto a los conocimientos y habilidades matemáticas requeridas para alcanzar un desempeño académico adecuado. Para evidenciar dichas condiciones, se establecieron para cada especificación y su

respectivo reactivo, indicadores de logro, que representan aquellas conductas del alumno que permiten valorar el grado de dominio sobre determinadas habilidades matemáticas. Las áreas, tópicos e indicadores de logro de cada uno de los 45 reactivos que componen el instrumento de medición se describen en la Tabla 1.

Número de Reactivo	Área	Tópico	Indicador de logro
1	Aritmética	Operaciones con fracciones	Sumar aritméticamente fracciones con distinto denominador
2	Álgebra	Operaciones con polinomios (división)	Calcular la división de un polinomio entre un binomio
3	Álgebra	Factorización	Completar el cuadrado a partir de un trinomio
4	Álgebra	Factorización	Factorizar una suma de cubos
5	Álgebra	Operaciones con fracciones	Sumar algebraicamente fracciones con distinto denominador
6	Álgebra	Operaciones con fracciones	Simplificar fracciones complejas
7	Trigonometría	Conversión de grados a radianes y viceversa	Convertir de grados a radianes
8	Trigonometría	Conversión de grados a radianes y viceversa	Convertir de radianes a grados
9	Trigonometría	Enunciados de problema que se resuelven mediante trigonometría del triángulo rectángulo	Resolver enunciados de problemas mediante trigonometría del triángulo rectángulo
10	Geometría	Ecuación de la línea recta	Determinar la ecuación de la línea recta a partir de un punto y la pendiente
11	Geometría	Ecuación de la línea recta	Determinar la ordenada en el origen a partir de la ecuación de línea recta
12	Funciones	Funciones trigonométricas	Calcular el periodo de una función trigonométrica a partir de su representación algebraica
13	Funciones	Funciones trigonométricas	Calcular la amplitud de una función trigonométrica a partir de su representación algebraica
14	Funciones	Funciones trigonométricas	Determinar la representación algebraica de una función trigonométrica a partir de su representación gráfica
15	Funciones	Funciones trigonométricas	Determinar la representación gráfica de una función trigonométrica a partir de su representación algebraica
16	Límites	Límite de una función	Calcular el límite de una función mediante la técnica de factorización
17	Límites	Límite de una función	Calcular el límite en infinito de una función racional
18	Límites	Límite de una función	Calcular el límite de una función definida en partes
19	Álgebra superior	Transformación de números complejos	Determinar la forma polar de un número complejo a partir de su representación rectangular
20	Álgebra superior	Transformación de números complejos	Determinar la forma exponencial de un número complejo a partir de su representación rectangular
21	Álgebra superior	Transformación de números complejos	Determinar la forma polar de un número complejo a partir de su representación exponencial
22	Álgebra superior	Transformación de números complejos	Determinar la forma rectangular de un número complejo a partir de su representación polar
23	Álgebra superior	Transformación de números complejos	Determinar la forma rectangular de un número complejo a partir de su representación exponencial
24	Álgebra superior	Operaciones con números complejos	Calcular la división de números complejos en su forma polar
25	Álgebra superior	Operaciones con números complejos	Calcular el producto de dos números complejos en su forma polar
26	Álgebra superior	Operaciones con números complejos	Calcular la suma de números complejos en su forma rectangular
27	Álgebra superior	Operaciones con números complejos	Desarrollar el cuadrado de un número complejo en su forma rectangular
28	Álgebra superior	Operaciones con números complejos	Calcular el producto de tres números complejos en su forma rectangular
29	Álgebra superior	Operaciones con números complejos	Calcular la división de dos números complejos en su forma rectangular
30	Álgebra	Fracciones parciales	Determinar la descomposición en fracciones parciales, el caso de los factores lineales distintos
31	Álgebra	Fracciones parciales	Determinar la descomposición en fracciones parciales, el caso de los factores lineales repetidos
32	Álgebra	Fracciones parciales	Determinar la descomposición en fracciones parciales, el caso de los factores cuadráticos distintos
33	Álgebra	Fracciones parciales	Determinar la descomposición en fracciones parciales, el caso de los factores cuadráticos repetidos

34	Cálculo integral	Área bajo la curva	Calcular el desplazamiento de una partícula a partir de la representación gráfica tiempo contra velocidad
35	Álgebra superior	Vectores	Determinar la magnitud de un vector en dos dimensiones
36	Álgebra superior	Vectores	Determinar el componente del vector a partir de la representación gráfica
37	Álgebra superior	Vectores	Determinar la suma de vectores en tres dimensiones
38	Álgebra superior	Vectores	Calcular el ángulo entre dos vectores en tres dimensiones
39	Álgebra superior	Vectores	Calcular el área de un paralelogramo a partir de dos vectores
40	Álgebra superior	Vectores	Calcular el volumen de un paralelepípedo a partir de tres vectores
41	Álgebra lineal	Sistemas de ecuaciones lineales	Determinar el valor del cofactor a partir de un arreglo rectangular
42	Álgebra lineal	Sistemas de ecuaciones lineales	Calcular el determinante de un sistema de ecuaciones
43	Álgebra lineal	Sistemas de ecuaciones lineales	Resolver sistemas de ecuaciones lineales
44	Álgebra lineal	Sistemas de ecuaciones lineales	Resolver enunciados de problemas mediante la formulación y resolución de sistemas de ecuaciones lineales
45	Física	Unidades	Transformar unidades de distancia, velocidad y aceleración

Tabla 1. Descripción general del instrumento de medición diagnóstico

El diseño de cada reactivo se basa en su respectiva especificación, en la cual se contemplan aspectos como el área y tópico al que pertenece, el indicador de logro (Zabala y Arnau, 2008), un comentario acerca del sentido y funcionalidad del contenido, la base del reactivo, el vocabulario y el tipo de información que se utilizará en el reactivo, las características de los distractores, el procedimiento para obtener la respuesta correcta, un reactivo muestra y el tiempo estimado de ejecución. El diseño de la especificación para cada reactivo la realizó el comité elaborador de especificaciones.

El instrumento diagnóstico consta de 45 preguntas de opción múltiple, donde el estudiante debe elegir la respuesta correcta entre cuatro opciones. Cada pregunta es independiente y está diseñada para evaluar el aprendizaje. Estas preguntas fueron creadas por el comité de elaboración de preguntas.

Por la importancia del instrumento diagnóstico se privilegió llevar a cabo un análisis de confiabilidad que permitiera evaluar la consistencia o estabilidad de las medidas cuando se repite el proceso de medición (Prieto y Delgado, 2010), determinando su capacidad para demostrar la firmeza en los resultados (García y Vilanova, 2008). En este mismo contexto, se emplearon el coeficiente de Kuder-Richardson KR-20 y el método de mitades partidas, toda vez que ambos métodos permiten obtener la confiabilidad del instrumento de medición a partir de los datos obtenidos en una sola aplicación.

En el análisis de calidad del instrumento se incluyó la validez de contenido, la cual se garantiza a partir de la selección de indicadores adecuados, su relación con los procesos matemáticos y el contraste de la validez de los reactivos a través del juicio de expertos (Alsina y Coronata, 2014). En este tipo de validez, se selecciona un panel de expertos con al menos 5 años de experiencia en los temas objeto de la validación, quienes califican a partir de 5 criterios cada uno de los reactivos que conformaron el instrumento de medición. En este caso, el panel de expertos estuvo constituido por los profesores miembros del cuerpo académico de ingeniería eléctrica, que fueron ajenos al proceso de diseño y construcción del instrumento de medición.

Los reactivos fueron validados utilizando cinco criterios. El primero se enfocó en la relevancia del contenido en relación con los niveles educativos anteriores y la materia. El segundo criterio evaluó la claridad conceptual, el uso de un lenguaje apropiado y la coherencia temática en cada reactivo. El tercero abordó la redacción y terminología de los enunciados, asegurando que fueran comprensibles y se presentaran en forma de

pregunta. El cuarto criterio se centró en la pertinencia del contenido para la asignatura de circuitos en ingeniería. Por último, el quinto criterio verificó el cumplimiento del formato de opción múltiple, garantizando una respuesta correcta y tres distractores sin proporcionar indicios que revelaran la solución.

Los expertos evaluaron el instrumento de medición mediante un cuestionario que incluyó los criterios descritos de cada uno de los 45 reactivos propuestos por los profesores miembros del cuerpo académico de ciencias básicas de ingeniería. Para emitir una calificación en cada criterio y reactivo se utilizó una escala de 0 a 4, en donde el 0 indica totalmente en desacuerdo, 1 en desacuerdo, 2 ni de acuerdo ni en desacuerdo, 3 de acuerdo y 4 totalmente de acuerdo. El cálculo del coeficiente de validez de contenido de cada reactivo se determinó de acuerdo al modelo de Pedrosa et al. (2013), en donde se asume que un reactivo con un coeficiente de validez de contenido superior a 0,8 es aceptable y no requiere modificaciones importantes.

El instrumento de medición es considerado como una prueba criterial en virtud de la cual se pretende determinar las habilidades matemáticas de los estudiantes al inicio del curso de circuitos y apoyar la estructuración del DI del AVA. El índice de dificultad (ID) es parte también del análisis de calidad y está relacionado con la proporción de estudiantes que resuelven correctamente un reactivo y se calcula de acuerdo a Crocker y Algina (1986). Existen parámetros para la aceptación de un reactivo de acuerdo con su nivel de dificultad, el establecido por Contreras y Backhoff (2004) dice que debe ser mayor que 0,05 y menor que 0,95.

El índice de discriminación del reactivo (IDC) permite distinguir entre los estudiantes que obtuvieron altas calificaciones en la prueba y aquellos que obtuvieron calificaciones bajas. Este índice está vinculado a la alta probabilidad de que los estudiantes con un desempeño general destacado en la prueba respondan correctamente al reactivo, en contraste con aquellos que tienen un rendimiento deficiente. Según Contreras y Backhoff (2004), se considera que el valor del índice de discriminación es adecuado si es superior a 0,2.

Otro elemento de suma importancia para la confiabilidad y validez del instrumento es el coeficiente de correlación punto biserial (r_{pbis}), pues tiene en cuenta al 100% de la población muestral, no solo al 54%, como en el caso del IDC. De acuerdo con Henrysson (1971), este coeficiente representa un indicador de validez predictiva, en donde se relaciona la respuesta a un reactivo por un estudiante y el resultado que obtuvo en la prueba. Se calcula de acuerdo al modelo de Backhoff et al. (2000) y la escala de valores de este indicador es: discrimina pobremente ($r_{pbis} < 0,14$), regularmente ($0,15 < r_{pbis} < 0,25$), buen poder discriminatorio ($0,26 < r_{pbis} < 0,35$) y excelente nivel de discriminación ($r_{pbis} > 0,35$).

Para el desarrollo del AVA, fue necesario crear un DI que guiara la secuencia de actividades de aprendizaje, así como métodos de evaluación para identificar los logros en el aprendizaje por parte de los estudiantes. El DI utilizado se basa en teorías constructivistas, lo que lleva al diseñador a descubrir la mejor combinación de materiales y actividades que guían al estudiante a comprender el valor de su construcción cognitiva para el aprendizaje futuro. Este DI consta de cuatro etapas de un sistema flexible en el que las etapas no son necesariamente secuenciales, sino en cierta manera simultáneas e influyen entre sí, en las que se encuentran: análisis, diseño, producción, implementación y revisión continua (Córica et al., 2010). Para los profesores involucrados en la creación

del DI es evidente la preocupación por fomentar que la participación de los estudiantes sea más activa en el proceso de aprendizaje (Chiappe, 2008).

El DI fue estructurado por los profesores miembros del cuerpo académico de ciencias básicas de ingeniería tomando como base los contenidos matemáticos definidos por los profesores miembros del cuerpo académico de ingeniería eléctrica y los resultados de la aplicación de un instrumento de medición diagnóstico a los estudiantes que cursan la asignatura de circuitos. El desarrollo del DI implica la planeación, la preparación y el diseño de los recursos y ambientes necesarios para que se lleve a cabo el aprendizaje (Bruner, 1969).

La primera actividad llevada a cabo en el proceso de desarrollo del DI fue la elaboración de una descripción general del AVA (Tabla 2). En esta descripción se detallan aspectos generales del AVA, tales como: nombre, código, nivel académico, vigencia del plan de estudios, programas académicos en los que se imparte, ciclo escolar, créditos, etapa formativa, naturaleza de la asignatura y modalidad. Asimismo, se brinda respuesta a las siguientes interrogantes que delinear el desarrollo del AVA:

- ¿Qué aprenderá el estudiante durante el desarrollo del AVA? Esto abarca tanto la competencia general como el objetivo global del AVA.
- ¿Cómo adquirirá el estudiante estos conocimientos? Aquí se detalla la estrategia general de aprendizaje.
- ¿Cómo se constatará que ha logrado el aprendizaje? Para ello, se fundamentan los criterios y las evidencias de desempeño.

Descripción general del curso	
Nombre de la asignatura.	Habilidades Matemáticas para Circuitos
Nivel(es) académico(s) en que se imparte(n).	Licenciatura
Clave única del curso.	No aplica
Vigencia del plan al que corresponde la asignatura.	2023-1
Programa(s) académico(s) y unidad(es) académica(s) en el (los) que se imparte(n).	Ingeniería Eléctrica
Ciclo Escolar.	2023-1
Créditos y Total de horas.	Tiempo estimado de ejecución de las actividades por parte del estudiante: 40 horas
Etapa formativa.	Tronco Común
Perfil recomendable de los participantes.	Estar cursando la unidad de aprendizaje de Circuitos.
Carácter de la asignatura.	Voluntario
Modalidad Instruccional	En línea
¿Qué aprenderá el estudiante durante el curso?	Competencia general: Fortalecer los conceptos y procedimientos de matemáticas que se utilizan en la resolución de problemas asociados a los distintos tipos de circuitos de la carrera de ingeniería eléctrica, con disposición para el trabajo colaborativo, respeto y honestidad.

	<p>Propósito general: El contenido de esta Unidad de Aprendizaje coadyuva en la formación del estudiante y futuro(a) ingeniero(a), proporciona una retroalimentación profunda de las bases (principios) de temas como operaciones con números complejos, fracciones parciales, la ecuación de la recta, vectores, sistemas de ecuaciones lineales, límite de una función y transformación de números complejos para la efectiva aplicación de las matemáticas en la ingeniería, con una actitud crítica, objetiva, responsable y propositiva para el estudio y tratamiento de los conceptos y procedimientos afines al área de los circuitos eléctricos en situaciones reales, de tal manera que genere construcciones mentales capaces de proporcionar soluciones correctas en temas que se abordarán posteriormente en las unidades de aprendizaje de la etapa disciplinaria y terminal, de acuerdo al perfil que indica su respectivo Programa Educativo, entre las cuales pudieran mencionarse, circuitos aplicados, mediciones eléctricas, máquinas de inducción, teoría de control, entre otras.</p>
¿Cómo aprenderá el estudiante? (Estrategia general de aprendizaje del curso).	<p>Estrategia general de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none">● A través del estudio del material didáctico proporcionado por el grupo de profesores del cuerpo académico de ciencias básicas de ingeniería, así como del conocimiento adquirido mediante actividades de investigación y prácticas relacionadas con los temas que se desarrollaran durante el curso.● El estudiante utilizará y reforzará los conocimientos y habilidades adquiridas en sus cursos previos de matemáticas, mostrará actitudes de compromiso, responsabilidad, ética, gusto por la investigación, así como sentido autodidacta.
¿Cómo sabrá que lo aprendió? (Criterios y Evidencias de desempeño, nivel Curso).	<p>Evidencias de desempeño: En cada unidad se especifican las metas y los requisitos de cada una, al igual que en cada meta se especifican el producto que se debe entregar para que el alumno aplique lo aprendido. Criterios de acreditación: Presentación de sondeos en cada una de las metas. Cada una de las metas contiene los criterios específicos conforme a los cuales será evaluado el estudiante. Cada meta/práctica tiene un valor porcentual en el conjunto de la calificación.</p>
Nombre y valor de las Unidades de aprendizaje incorporadas al curso.	<p>Contenido: Unidad 1. La ecuación de la recta. ● Primera semana 15%. Unidad 2. Límite de una función. ● Primera semana 15%. Unidad 3. Sistemas de ecuaciones lineales. ● Segunda semana 15%. Unidad 4. Fracciones parciales. ● Segunda semana 15%. Unidad 5. Números complejos ● Tercera semana 20%. Unidad 6. Vectores ● Cuarta semana 20%.</p>
Materiales de apoyo: lecturas, ejercicios, formatos y sitios, por Unidad.	<p>MANUALES: Manual de elaboración propia. LIBROS: Boyce, W. y DiPrima, R. (1994). <i>Cálculo</i> (1a ed.). México: CECSA. Howard, A. (1991). <i>Cálculo y Geometría Analítica</i> (1a ed.). México: LIMUSA. Larson, R., Hostetler, R. y Edwards, B. (1995). <i>Cálculo y Geometría Analítica</i> (5a ed.). España: McGraw-Hill. Leithold, L. (1992). <i>Matemáticas previas al cálculo</i> (3a ed.). México: Oxford. Leithold, L. (1992). <i>El Cálculo</i> (7a ed.). México: Oxford. López, I. y Wisniewski, P. (2006). <i>Cálculo Diferencial de una variable con aplicaciones</i> (1a ed.). México: Thomson. Purcell, E., Varberg, D. y Rigdon, S. (2001). <i>Cálculo</i> (8a ed.). México: Pearson Educación. Smith, R. y Minton, R. (2000). <i>Cálculo Tomo 1</i> (1a ed.). Colombia: McGraw-Hill. Stewart, J. (2006). <i>Cálculo, Conceptos y Contextos</i> (3a ed.). México: Thomson. Swokowski, E. (1989). <i>Cálculo con Geometría Analítica</i> (2a ed.). México: Grupo Editorial Iberoamérica. Thomas, G. y Finney, R. (1998). <i>Cálculo una variable</i> (9a ed.). México: Addison Wesley Longman. Zabala, A. y Armau, L. (2008). <i>11 ideas clave, ¿Cómo aprender y enseñar competencias?</i> (2a ed.). Barcelona: Editorial Grao. *SOFTWARE GEOGEBRA (www.geogebra.org/).</p>

Políticas de inscripción, operación y evaluación del curso.	Tendré un lenguaje adecuado y respetuoso cuando me comuniqué con mis compañeros o docente. Revisaré semanalmente el material que el docente haya subido a la plataforma. Me aseguraré que mi participación en la actividad, foro o evaluación ha quedado registrada. Las retroalimentaciones se harán a través del medio que se esté utilizando (foro, evaluación, actividad).
Nombre y correo electrónico del titular o titulares del curso.	Wendolyn Elizabeth Aguilar Salinas <i>aguilar.wendolyn@uabc.edu.mx</i> Maximiliano De Las Fuentes Lara <i>maximilianofuentes@uabc.edu.mx</i> César Amaro Hernández <i>cesaramaro@uabc.edu.mx</i> César Gonzalo Íñiguez Monroy <i>cesar.iiguez@uabc.edu.mx</i>
Nombres, correo electrónico, municipio y facultad del personal de apoyo técnico.	Aglay González-Pacheco Saldaña <i>aglay@uabc.edu.mx</i> Facultad de Ingeniería, Campus Mexicali.

Tabla 2. Descripción general del AVA

Una vez identificadas estas necesidades, se establecen las metas educativas, las cuales se lograrán si los participantes asimilan y ponen en práctica los conocimientos adquiridos (Gil, 2004; Gutiérrez, 1997), estas metas deben dirigirse hacia las situaciones a las que los estudiantes se enfrentarán, tomando decisiones pertinentes y empleando los recursos más adecuados para alcanzarlas (Escontrela, 2003). Córlica et al. (2010) sostienen que, en el proceso de aprendizaje es esencial contar con objetivos claros y metas concretas, para lo que es imprescindible la motivación y el interés por parte del estudiante. En este sentido, la segunda actividad corresponde a la planeación y desarrollo de las metas que se han de alcanzar y los medios que permitan el logro de las mismas (Gil, 2004).

En la Tabla 3 se aprecia la formulación de las metas de la quinta unidad, como parte de una visión global del AVA, para el cual se han diseñado 10 metas que se alinean con los contenidos matemáticos establecidos por los profesores miembros del cuerpo académico de ingeniería eléctrica y que son requeridos para la asignatura de circuitos.

AVA Habilidades Matemáticas para Circuitos	
Competencia: Fortalecer los conceptos y procedimientos de matemáticas que se utilizan en la resolución de problemas asociados a los distintos tipos de circuitos de la carrera de ingeniería eléctrica, con disposición para el trabajo colaborativo, respeto y honestidad.	
Unidad 5: Números complejos	
Calcular operaciones aritméticas, con el uso de números complejos, para entender su forma de operar y la manera en que se aplican las técnicas de solución, mostrando orden y disciplina.	
Meta	Actividad
Meta 5.1: Aplicar operaciones básicas a números complejos en su forma rectangular.	Realizar la lectura del material de apoyo. Revisar las páginas web recomendadas. Se sugiere elaborar los ejercicios propuestos en esta meta y participar en el sondeo a más tardar el 13 de marzo de 2023 a las 23:59 horas.
Valor de esta meta 10%	
Meta 5.2: Utilizar los números complejos en sus diferentes representaciones (rectangular, polar y exponencial), utilizando grados y radianes y aplicar operaciones básicas a números complejos en su representación polar y exponencial	Realizar la lectura del material de apoyo. Revisar las páginas web recomendadas. Se sugiere elaborar los ejercicios propuestos en esta meta y participar en el sondeo a más tardar el 13 de marzo de 2023 a las 23:59 horas.
Valor de esta meta 10%	

Tabla 3. Mapa general del curso

La tercera actividad del DI corresponde a la descripción de las metas planteadas para cada unidad de los temas principales del AVA, las cuales son descritas con base en tres preguntas. ¿Qué necesito tener a mi disposición?, ¿Qué pasos debo dar? y ¿Cómo sabré que logré la meta?

A continuación, se muestra en la Tabla 4 como ejemplo, la descripción de la meta 5.1.

En plataforma (semana 3)
Primero. Revisa y analiza el siguiente material que se encuentra disponible para esta meta. Meta_5.1.pdf
Segundo. Realiza una búsqueda documental, en fuentes confiables donde localices más información de este tema. También puedes consultar los siguientes enlaces, para tener una idea más clara sobre los números complejos y sus operaciones. Vídeo-Introducción a los números complejos Vídeo-Ejemplo de resolución de una igualdad de números complejos Vídeo-Operaciones con números complejos Vídeo-Suma y resta de números complejos Vídeo-Multiplicación de números complejos Vídeo-División de números complejos
Tercero. Se sugiere que elabores los ejercicios propuestos. Recuerda que el foro de dudas se encuentra abierto de forma permanente para solventar los cuestionamientos o aclaraciones que se requieran. Meta_5.1_Ejercicios.pdf
Cuarto. Participa en el sondeo, lo encuentras como Meta 5.1 Sondeo-Aplicar operaciones básicas a números complejos en su forma rectangular ► Fechas de vencimiento/entrega: <ul style="list-style-type: none">● Meta 5.1 Sondeo-Aplicar operaciones básicas a números complejos en su forma rectangular a más tardar el lunes 13 de marzo 2023 antes de las 23:59 horas. ► Reflexión de aprendizaje ¿Cómo sabré que logré la meta? <ul style="list-style-type: none">● Clasifico números reales o complejos dentro del sistema de numeración.● Realizo operaciones básicas de suma, resta, multiplicación y división de números complejos en su forma rectangular.
Criterios de evaluación: Sondeo (10%). La meta 5.1 equivale al 10 % de tu calificación final del AVA Habilidades Matemáticas para Circuitos.

Tabla 4. Contenido de la meta 5.1

Se crearon 10 sondeos, uno por cada objetivo del AVA, que consisten en 10 ejercicios seleccionados al azar de un banco de 40 reactivos, siguiendo los mismos criterios que el instrumento diagnóstico. Los profesores del AVA establecieron un tiempo promedio para completar estas actividades, que incluyen la resolución de ejercicios y la revisión de materiales recomendados.

Para la implementación, se solicitó al Centro de Investigación para el Aprendizaje Digital (CIAD) de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) la creación de un espacio virtual en BlackBoard, el sistema de administración de aprendizaje de la institución, y se registró a los estudiantes que optaron por participar en el AVA.

3. RESULTADOS

Esta sección se ha dividido en tres partes, la primera se refiere al análisis de calidad del instrumento de medición, la segunda parte alude a la descripción de los resultados que obtuvieron los estudiantes en el diagnóstico y finalmente se exhiben los resultados que obtuvieron los estudiantes en el AVA.

3.1. Análisis de la calidad del instrumento de medición diagnóstico

En el ciclo escolar 2022-2, se aplicó la primera versión del instrumento de medición diagnóstico a 100 estudiantes de ingeniería eléctrica en el curso de circuitos. Los resultados se analizaron para mejorar el instrumento y se identificaron áreas de matemáticas problemáticas para los estudiantes, lo que guía la estructuración del diseño instruccional del AVA.

En cuanto a la validez de contenido, participaron cinco jueces expertos (todos profesores del área de circuitos del programa educativo de ingeniería eléctrica), y se obtuvo un CVC promedio de $0,92 \pm 0,05$ (media \pm desviación estándar) con un valor mínimo en el coeficiente de 0,80. Los números anteriores cumplen cabalmente con cada uno de los reactivos con los criterios considerados en esta investigación (Urrutia et al., 2014; Pedrosa et al., 2013; Gempp, 2006).

La administración definitiva del diagnóstico se llevó a cabo en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería Mexicali de la UABC durante la segunda semana de iniciado el curso escolar 2023-1. El instrumento se aplicó a 47 estudiantes de tercero y cuarto semestre inscritos en el curso de circuitos (el 50 % de la comunidad de estudiantes inscritos en dicha asignatura durante el ciclo escolar citado). La confiabilidad del instrumento calculada mediante KR-20 es $r=0,93$, por el método de mitades partidas es $r=0,92$, valores apropiados cuando son iguales o superiores que 0,85 para el caso de instrumentos estandarizados y de gran escala (Muñoz y Mato, 2008; Contreras y Backhoff, 2004). La distribución de los puntajes totales se calculó mediante la prueba delta de Ferguson, en este caso se obtuvo un valor de 0,99 lo que satisface ampliamente el criterio establecido (Engelhardt, 2009; Ding et al., 2006).

El promedio del índice de dificultad resultó ser de $0,61 \pm 0,17$ (media \pm desviación estándar). El valor mínimo respecto a la dificultad resultó 0,16, mientras que el valor máximo es 0,84, aceptables de acuerdo a la propuesta por Backhoff et al. (2000).

En el caso del índice de discriminación se cuenta con que el 78% de los reactivos tienen discriminación excelente, 11% discriminación buena, 7% regular y 4% discriminación mala. El promedio del IDC es $0,55 \pm 0,19$ (media \pm desviación estándar), el cual cae dentro de una calificación considerada como excelente toda vez que es mayor que 0,40.

El promedio de los coeficientes de correlación biserial de la prueba es $0,50 \pm 0,15$ (media \pm desviación estándar). Se cuenta con que el 82,2% de los reactivos tienen discriminación excelente, el 13,3% discriminación buena, el 2,2% discriminación regular y el 2,2% discriminación mala.

Se emplearon los resultados obtenidos por los 47 estudiantes para llevar a cabo el cálculo de la correlación Pearson entre la calificación obtenida en el instrumento de medición diagnóstico y la calificación del AVA. Al analizar la relación entre las calificaciones se determinó un coeficiente de correlación Pearson $r=0,70$ significativo en el nivel 0,01, según la escala de evaluación de Hernández et al. (2006); esta coincidencia se considera como una correlación positiva considerable. Por otro lado, de acuerdo con Hernández et al. (2018) este valor de correlación es considerado como fuerte.

También se procedió a calcular la correlación Pearson tomando en cuenta la calificación obtenida en el instrumento de medición diagnóstico y la calificación que obtuvieron los estudiantes en periodo ordinario del curso de circuitos durante el ciclo 2023-1. En este caso el valor del coeficiente de correlación Pearson es $r=0,31$ calificado como una influencia moderada de correlación según la escala Hernández et al. (2018).

3.2. Descripción de los resultados obtenidos por los estudiantes en el diagnóstico

En la primera parte de esta sección, se destacan los reactivos problemáticos a pesar de haber sido abordados en cursos previos. En la segunda parte, se presentan los reactivos con altos coeficientes de correlación en el instrumento diagnóstico para predecir el éxito de los estudiantes.

El reactivo 40 (ID=0,19) del instrumento se considera el más difícil para los estudiantes (Figura 1), ya que implica el cálculo del volumen de un paralelepípedo a partir de tres vectores en 3D. Requiere comprensión de geometría tridimensional, álgebra y cálculo vectorial, así como sólidos conocimientos en vectores, productos cruzados y determinantes. Además, interpretar el determinante como volumen real puede necesitar comprensión de unidades y contexto geométrico.

¿Cuál es el valor del volumen del paralelepípedo que tiene los vectores u, v, w como lados adyacentes?

$$u = (-2, 1, 5) \quad v = (5, 2, 3) \quad w = (2, -1, 8)$$

(A) $41 u^3$

(B) $55 u^3$

(C) $3 u^3$

(D) $117 u^3$ Respuesta correcta

Figura 1. Reactivo 40 del instrumento de medición diagnóstico

El reactivo 44 (ID=0,26) se centra en formular sistemas de ecuaciones para resolver problemas. Según Segura (2004), la dificultad radica en la formulación de enunciados de problemas que requieren equilibrar la comprensión del mundo real y su traducción precisa a lenguaje matemático.

El reactivo 25 (ID=0,36) se centra en operaciones con números complejos en forma polar (Figura 2), lo que implica conversiones entre coordenadas polares y rectangulares, así como la comprensión de cómo aplicar operaciones a la magnitud y el ángulo, ya que en forma polar puede ser menos intuitiva que en la forma rectangular. Además, la complejidad del estudio de números complejos en los primeros semestres de la Educación Superior dificulta la inserción de problemas de modelación debido a las limitadas aplicaciones en esta etapa, según Romero et al. (2021).

¿Cuál es el resultado de desarrollar la operación de números complejos en su forma polar?

$$(2\sqrt{3} \text{ Cis } 180^\circ) (\sqrt{2} \text{ Cis } 220^\circ)$$

(A) $2\sqrt{6} \text{ Cis } 400^\circ$

(B) $2\sqrt{5} \text{ Cis } 400^\circ$

(C) $2\sqrt{6} \text{ Cis } 40^\circ$ Respuesta correcta

(D) $2\sqrt{5} \text{ Cis } 40^\circ$

Figura 2. Reactivo 25 del instrumento de medición diagnóstico

El reactivo 38 (ID=0,43) evalúa el cálculo del ángulo entre dos vectores en tres dimensiones, esto implica el uso del producto escalar, cálculos trigonométricos y considerar cuadrantes. Además, puede tener múltiples soluciones según la orientación de los vectores. Según Soto y Romero (2021), los estudiantes pueden hacer estos cálculos sin comprender la ubicación gráfica del ángulo, lo que dificulta si no se entienden los conceptos geométricos y trigonométricos en un espacio tridimensional.

El reactivo 18 (ID=0,43) trata sobre cálculo de límites en funciones definidas en partes, donde la dificultad está en identificar intervalos y puntos de discontinuidad, interpretar saltos y huecos en diferentes intervalos y comprender el concepto de límite. Se requieren habilidades de análisis gráfico y comprensión de cómo los cambios en la gráfica afectan los límites. En la enseñanza del límite, es importante enfocarse en la traducción entre representaciones numéricas y gráficas (Radillo y González, 2014).

El reactivo 20 (ID=0,47) trata sobre la conversión de números complejos de forma rectangular a exponencial. Requiere comprender trigonometría, habilidades en números complejos y conocimiento de propiedades para resolverlo con éxito.

El reactivo 24 (ID=0,47) implica calcular la división de números complejos en su forma polar (Figura 3). La dificultad radica en manejar conceptos trigonométricos y conversiones entre coordenadas, así como en realizar manipulaciones algebraicas más complejas que en su forma rectangular.

¿Cuál es el resultado de desarrollar la operación de números complejos en su forma polar?

$$\frac{10\text{Cis}110^\circ}{2\sqrt{2}\text{Cis}310^\circ}$$

A $\frac{5}{\sqrt{2}}\text{Cis}160^\circ$

Respuesta correcta

B $5\sqrt{2}\text{Cis}420^\circ$

C $\frac{5}{\sqrt{2}}\text{Cis}420^\circ$

D $5\sqrt{2}\text{Cis}160^\circ$

Figura 3. Reactivo 24 del instrumento de medición diagnóstico

El reactivo 39 (ID=0,47) implica calcular el área de un paralelogramo formado por dos vectores, utilizando el producto cruz entre ellos. Este proceso a menudo involucra el uso de determinantes y puede ser confuso si no se domina. Además, se necesita calcular la magnitud del producto cruz, relacionada con el área del paralelogramo. La falta de comprensión básica de vectores y dificultades en interpretar gráficas son desafíos comunes para los estudiantes en este contexto (Acevedo et al., 2021).

En relación al coeficiente de correlación del punto biserial, que permite anticipar el éxito del estudiante en el instrumento de medición, se han considerado reactivos con rpbis calificados como excelentes (Backhoff et al., 2000) y superiores a 0,65. Por ejemplo, los reactivos 28 y 29 presentan rpbis 0,77 y 0,71 respectivamente, ambos reactivos están relacionados con operación de números complejos, específicamente el producto de tres números complejos y la división de dos números complejos en su forma rectangular.

Calcular el producto de tres números complejos en forma rectangular requiere un buen dominio de las operaciones básicas con números complejos y simplificar partes

imaginarias. La división de dos números complejos implica varias operaciones y el uso del conjugado. A veces, convertir a forma polar puede facilitar la división.

El reactivo 35 tiene un coeficiente de correlación del punto biserial de 0,76 y plantea el desafío de calcular la magnitud de un vector en dos dimensiones. En este contexto, es esencial contar con una comprensión sólida de la representación de vectores, cómo se vinculan sus componentes con las coordenadas cartesianas y la habilidad de aplicar el teorema de Pitágoras para determinar su magnitud.

El reactivo 31, con un coeficiente de correlación del punto biserial de 0,72, se enfoca en el manejo de las fracciones parciales, particularmente cuando se encuentran factores lineales repetidos en el denominador. En esta situación, la complejidad reside en la identificación de los factores repetidos, la determinación de las constantes correspondientes a las fracciones parciales a partir de la aplicación de métodos como la elección de valores estratégicos o la resolución de sistemas de ecuaciones para resolver el problema.

El reactivo 22, considerado predictor con un rpbis de 0,69, solicita determinar la forma polar de un número complejo a partir de su representación exponencial. La representación exponencial puede resultar menos intuitiva, ya que involucra partes reales e imaginarias en forma de exponente. Identificar la magnitud y el ángulo en la forma polar desde esta representación a menudo requiere cálculos trigonométricos y el uso de funciones trigonométricas inversas.

Estos reactivos abordan conceptos y habilidades esenciales en ingeniería eléctrica y electrónica, como descomposición en fracciones parciales y cálculo de la magnitud de vectores, cruciales para analizar circuitos eléctricos y sistemas lineales. Los estudiantes que dominan estas técnicas tienen ventajas en la resolución de ecuaciones diferenciales y en el análisis de circuitos complejos.

El conocimiento y habilidad para realizar operaciones con números complejos, incluyendo el producto de tres números complejos y la división de dos números complejos en su forma rectangular, son esenciales en el cálculo de impedancias, corrientes y tensiones en circuitos de corriente alterna en ingeniería. En conjunto, estos reactivos abordan habilidades y conocimientos esenciales para un buen desempeño en un curso de circuitos para ingeniería.

3.3. Análisis de los resultados obtenidos por los estudiantes en el AVA

Se diseñó un AVA totalmente en línea denominado Habilidades Matemáticas para Circuitos y se ofertó durante el ciclo escolar 2023-1 a 47 estudiantes voluntarios, todos inscritos en el curso de circuitos del programa educativo de ingeniería eléctrica, los estudiantes no obtienen créditos por aprobarlo y tiene el propósito de mejorar las habilidades matemáticas de los estudiantes y consecuentemente el aprovechamiento en la unidad de aprendizaje de circuitos.

El promedio de la confiabilidad calculada mediante KR-20 de los 10 sondeos que se utilizan para evaluar el aprendizaje de los participantes es de $0,88 \pm 0,02$ (media \pm desviación estándar) el cual es considerado como apropiado cuando es mayor o igual que 0,85 en el caso de instrumentos estandarizados y de gran escala (Contreras y Backhoff, 2004; Muñoz y Mato, 2008). Los reactivos de los sondeos son producto de las especificaciones de diseño de los reactivos del instrumento de medición diagnóstico, por lo que se conservan las características de contenido y profundidad de los reactivos, con

el propósito de observar la diferencia entre los resultados del diagnóstico y los sondeos realizados después de llevar a cabo las actividades en el AVA.

Las calificaciones de los estudiantes en los sondeos mostraron una gran variabilidad, desde 3 hasta 98 (Tabla 5), lo que refleja diferencias en conocimientos previos y dedicación al AVA. La distribución parece inclinarse hacia calificaciones más altas, respaldada por la mediana y la moda. La distribución es menos puntiaguda que la normal, señalando la diversidad en el rendimiento de los estudiantes y su posible impacto en el aprendizaje y el rendimiento académico en el entorno virtual.

AVA		
N	Válido	47
	Perdidos	0
Media		61,6596
Error estándar de la media		4,52266
Mediana		69,0000
Moda		82,00 ^a
Desviación		31,00580
Varianza		961,360
Asimetría		-,584
Error estándar de asimetría		,347
Curtosis		-1,003
Error estándar de curtosis		,681
Rango		95,00
Mínimo		3,00
Máximo		98,00
Percentiles	25	38,0000
	50	69,0000
	75	87,0000

a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.

Tabla 5. Estadísticos de las calificaciones de los estudiantes en el AVA

Se hicieron varias pruebas t de muestras independientes para indagar si el efecto del tiempo de participación del estudiante en el AVA favorece los resultados al término del mismo y a su vez si hay mejoras en las calificaciones ordinarias en su curso de circuitos.

En la Tabla 6 se muestra la relación entre el tiempo de dedicación de los estudiantes al AVA y sus calificaciones tanto en el AVA como en un curso de circuitos. Los valores en la tabla se dividen en diferentes intervalos de tiempo de dedicación (30% o menos, más de 30%, 50% o menos, más de 50%, 60% o menos y más de 60%) y presentan las medias de las calificaciones obtenidas en el AVA y en el curso de circuitos para cada uno de esos intervalos.

Tiempo de dedicación	30% o menos	Más de 30%	50% o menos	Más de 50%	60% o menos	Más de 60%
Media de calificación del AVA	14,27	76,14	23,67	79,47	26,50	79,81
Media de calificación ordinaria de circuitos	49,55	66,39	50,20	68,19	48,31	69,74
Nivel de significancia	0,03		0,01		0,002	

Tabla 6. Comparativo de la prueba t de medias de las calificaciones del AVA y circuitos contra los tiempos de dedicación

La prueba de Levene no mostró diferencias significativas en las varianzas, y la prueba t indicó que las diferencias en las calificaciones son significativas en función del tiempo dedicado al AVA. Los estudiantes que invierten más tiempo en el AVA obtienen calificaciones más altas en ambos contextos de evaluación, lo que sugiere una relación positiva.

Se construyó un diagrama de árbol que incluye las variables aprobado y no aprobado tanto en el AVA como en el curso de circuitos y considerando un tiempo de dedicación menor al 70% y 70% o más. Con este diagrama se observó que el 66% de los estudiantes voluntarios que dedicaron 70% o más del tiempo estimado para realizar las actividades planeadas en el AVA, lo aprueba en un 90% y de ellos un 79% acreditó la asignatura de circuitos. El 51% de los estudiantes que dedican 70% o más del tiempo al AVA acreditan el curso circuitos independientemente si aprueban o no el AVA. En contraste, del 34% de los estudiantes con dedicación menor al 70% del tiempo requerido solo el 17% acredita la asignatura de circuitos.

El análisis de los porcentajes de aprobación relacionados con el tiempo dedicado al AVA muestra la importancia de la participación activa en el éxito académico. Además, se encontró una correlación significativa ($r = 0,51$) entre las calificaciones en el AVA y en la unidad de circuitos, lo que sugiere una fuerte relación. Aunque la dedicación al AVA es un predictor importante del rendimiento en circuitos, otros factores también pueden influir en el resultado final.

De manera adicional, se calcularon los índices promedio de las metas (Tabla 7) a partir de los resultados que obtuvieron los estudiantes en los sondeos.

No. de Meta	Meta	Índice promedio
1.1	Resolver problemas de ciencia e ingeniería mediante la ecuación de la recta	0,81
2.1	Calcular límites de funciones aplicando sus propiedades algebraicas, así como identificarlos de manera gráfica y numérica.	0,71
2.2	Calcular los límites al infinito y límites infinitos, así como determinar su existencia o no existencia.	0,71
3.1	Resolver problemas mediante métodos matriciales que impliquen la solución de sistemas de ecuaciones lineales.	0,68
4.1	Identificar y resolver fracciones parciales con factores lineales y cuadráticos.	0,81
5.1	Aplicar operaciones básicas a números complejos en su forma rectangular.	0,94
5.2	Utilizar los números complejos en sus diferentes representaciones (rectangular, polar y exponencial), utilizando grados y radianes y aplicar operaciones básicas a números complejos en su representación polar y exponencial.	0,61
6.1	Ilustrar de manera gráfica vectores en el plano (2D) y en el espacio (3D).	0,82
6.2	Resolver operaciones entre vectores por métodos gráficos y/o analíticos.	0,80
6.3	Resolver operaciones y aplicaciones de vectores con producto punto y producto cruz.	0,68

Tabla 7. Índices promedio de las metas a partir de los resultados de los sondeos

Los índices promedio reflejan el nivel de dominio de los estudiantes en competencias matemáticas relacionadas con la ciencia e ingeniería. Se observa variabilidad en los índices, indicando diferentes niveles de desempeño en las áreas evaluadas. Algunas competencias, como resolución de problemas de ciencia e ingeniería mediante ecuación de la recta, identificación y resolución de fracciones parciales con factores lineales y

cuadráticos, operaciones básicas, e ilustración de vectores, muestran un alto nivel de dominio.

Sin embargo, algunas áreas presentan un menor dominio por parte de los estudiantes. Por ejemplo, el manejo de números complejos en diferentes representaciones (rectangular, polar y exponencial) obtuvo un índice promedio de 0,61, sugiriendo espacio para mejoras. Competencias como operaciones y aplicaciones de vectores con producto punto y producto cruz, así como la resolución de problemas con sistemas de ecuaciones lineales, tienen índices promedio de 0,68, indicando que podrían necesitar una atención más enfocada en la enseñanza.

4. CONCLUSIONES

La aplicación inicial del instrumento de medición diagnóstico permitió identificar áreas de dificultad en los estudiantes y contribuyó a la mejora sustancial del instrumento para la obtención de la versión final, lo cual demuestra la utilidad del proceso de análisis y ajuste del instrumento. La participación de expertos en el área de circuitos en la evaluación de contenido validó la pertinencia y relevancia de los reactivos, y el promedio del CVC de $0,92 \pm 0,05$, junto con un valor mínimo de 0,80, indican que los reactivos cumplen con los criterios establecidos en la investigación.

La confiabilidad del instrumento se evaluó mediante diferentes métodos, obteniendo valores apropiados, el coeficiente KR-20 de $r=0,93$ y el método de mitades partidas de $r=0,92$, indican una alta confiabilidad para instrumentos estandarizados y de gran escala.

Los resultados del índice de dificultad mostraron valores promedio de $0,61 \pm 0,17$, con un rango aceptable entre 0,16 y 0,84. Estos valores se alinean con los estándares establecidos y son indicativos de una adecuada variabilidad en la dificultad de los reactivos.

La mayoría de los reactivos presentó una discriminación excelente (78%) y buena (11%), lo que sugiere que los reactivos son efectivos para diferenciar entre estudiantes con diferentes niveles de conocimiento. El promedio del índice de discriminación de $0,55 \pm 0,19$ también se encuentra dentro de los estándares de calidad.

La correlación entre las calificaciones obtenidas en el instrumento de medición diagnóstico y las calificaciones del AVA resultó en un coeficiente de correlación Pearson $r=0,70$, considerado como una correlación positiva considerable y fuerte. Esto indica que existe una relación significativa entre el rendimiento en el instrumento de medición y el desempeño en el AVA.

En resumen, estos resultados respaldan la validez y confiabilidad del instrumento de medición diagnóstico en la evaluación de estudiantes de circuitos y su relación con el aprendizaje en un AVA. Estos hallazgos orientan la enseñanza y mejoran la comprensión y el desempeño de los estudiantes en ingeniería eléctrica.

Los resultados obtenidos en este estudio de investigación proporcionan una visión clara de las áreas en las que los estudiantes enfrentan dificultades, y al comprender estas dificultades específicas, los docentes pueden adaptar sus métodos de enseñanza para abordar de manera más efectiva los conceptos y habilidades que requieren mayor énfasis. Esto podría incluir enfoques más visuales y contextuales, estrategias de modelización matemática y ejemplos de aplicación en la vida real para mejorar la comprensión y el desempeño de los estudiantes en estas áreas problemáticas.

Los reactivos con correlación biserial destacan habilidades esenciales para el éxito en el diagnóstico, AVA y cursos de circuitos en ingeniería, como operaciones con números complejos, cálculo de magnitudes de vectores, fracciones parciales y representación exponencial de números complejos. Estos resultados guían la enseñanza y mejoran la preparación de los estudiantes en estas áreas clave.

Los resultados de la investigación respaldan la idea de que el uso del AVA diseñado para mejorar las habilidades matemáticas de los estudiantes en el curso de circuitos de ingeniería tiene un impacto positivo en el rendimiento académico. La participación activa en el AVA y el tiempo de dedicación parecen ser factores importantes para el éxito en el curso de circuitos. Estos hallazgos sugieren la importancia de implementar estrategias de enseñanza y aprendizaje en línea que fomenten la motivación y la participación activa de los estudiantes y fortalezcan sus habilidades matemáticas, lo que puede tener un efecto positivo en su rendimiento en materias técnicas como los circuitos.

El balance final de este estudio de investigación es favorable y permite identificar claramente áreas de mejora en el AVA, por ejemplo, la incorporación de explicaciones visuales, como gráficos y diagramas, para ayudar a los estudiantes a comprender mejor los conceptos más complicados, como las representaciones de números complejos en forma rectangular, polar y exponencial, así como las operaciones vectoriales y la formulación de sistemas de ecuaciones: las representaciones visuales pueden hacer que los conceptos abstractos sean más accesibles y comprensibles. Otras mejoras tienen que ver con el diseño de estrategias didácticas que aborden diferentes aplicaciones de las áreas en cuestión, lo que ayudará a los estudiantes a ver cómo se aplican estos conceptos en situaciones reales de la ingeniería eléctrica y electrónica, lo que puede aumentar su interés y comprensión. Ofrecer sesiones de tutoría en línea o foros de discusión donde los estudiantes puedan plantear preguntas y recibir ayuda en tiempo real es otra posibilidad de mejora del AVA. Desarrollar una función en el AVA que proporcione retroalimentación personalizada sobre los errores comunes cometidos por los estudiantes en las áreas identificadas les ayudará a entender dónde están teniendo dificultades y cómo pueden mejorar, y finalmente solicitar comentarios a los estudiantes sobre la efectividad de las mejoras implementadas en el AVA permitirá ajustar y adaptar el contenido y las estrategias según las necesidades y opiniones de los mismos estudiantes.

BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, J.I., Morelos, S., Zaldívar, J. y Quiroz, S. (2021). Estudio de la enseñanza del concepto de vector en \mathbb{R}^2 , y propuesta didáctica. *Revista de Investigación y Divulgación en Matemática Educativa*, 18(1), 4-13. Recuperado de: <https://funesfrpre.uniandes.edu.co/funes-documentos/estudio-de-la-ensenanza-del-concepto-de-vector-en-%E2%84%9D2-y-propuesta-didactica/>
- Alsina, Á. y Coronata, C. (2014). Los procesos matemáticos en las prácticas docentes: diseño, construcción y validación de un instrumento de evaluación. *Educación matemática en la infancia*, 3(2), 23-36. Recuperado de: <http://www.edma0-6.es/index.php/edma0-6/article/view/129>
- Aparicio-Gómez, O.Y. y Ostos-Ortiz, O.L. (2021). Pedagogías emergentes en ambientes virtuales de aprendizaje. *Revista internacional de pedagogía e innovación educativa*, 1(1), 11-36. <https://doi.org/10.51660/ripie.v1i1.25>
- Ausubel, D.P., Novak, J.D. y Hanesian, H. (1983). *Psicología educativa: Un punto de vista cognoscitivo*. Editorial Trillas.

- Backhoff, E., Larrazolo, N. y Rosas, M. (2000). Nivel de dificultad y poder de discriminación del Examen de Habilidades y Conocimientos Básicos (EXHCOBA). *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 2(1), 1-19. Recuperado de: <https://redie.uabc.mx/redie/article/view/15/26>
- Barroso-Osuna, J., Gutiérrez-Castillo, J.J., Llorente-Cejudo, M. C. y Ortiz, R.V. (2019). Difficulties in the incorporation of augmented reality in university education: Visions from the experts. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 8(2), 126-141. <https://doi.org/10.7821/naer.2019.7.409>
- Betegón, L., Fossas, M., Martínez, E. y Ramos, M. (2012). Entornos virtuales como apoyo a la docencia universitaria presencial: utilidad de Moodle. *Anuario Jurídico y Económico Escurialense*, 43, 273-302. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3170529>
- Brioli, C., Amaro, R. y García, I. (2011). Referente teórico y metodológico para el diseño instruccional de entornos virtuales de enseñanza y aprendizaje (EVEA). *Docencia universitaria*, 12(2), 71-99. Recuperado de: http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_docu/article/view/4502
- Bruner, J.S. (1969). *Hacia una teoría de la instrucción*. Uthea.
- Cacheiro, M.L. (2011). Recursos educativos TIC de información, colaboración y aprendizaje. Pixel-Bit. *Revista de medios y educación*, 39, 69-81. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/368/36818685007.pdf>
- Carbonero, M.A. y Navarro, J.C. (2006). Entrenamiento de alumnos de educación superior en estrategias de aprendizaje en matemáticas. *Psicothema*, 18(3), 348-352. Recuperado de: <https://www.psicothema.com/pdf/3221.pdf>
- Carmines, E. y Zeller, R. (1987). *Reliability and Validity Assessment*. Sage.
- Chiappe, A. (2008). Diseño instruccional: oficio, fase y proceso. *Educación y Educadores*, 11(2), 229-239. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83411215>
- Chiappe, A. y Lee, L.L. (2017). Open teaching: ¿A new way on e-learning? *Electronic Journal of E-Learning*, 15(5), 369-383. Recuperado de: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1157965.pdf>
- Coll, C. y Monereo, C. (2008). *Psicología de la educación virtual*. Ediciones Morata, S. L.
- Contreras, L. (2000). *Desarrollo y pilotaje de un examen de español para la educación primaria en Baja California* [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Baja California]. Recuperado el 6 de septiembre de 2023 de: http://iide.ens.uabc.mx/documentos/divulgacion/tesis/MCE/1998/Luis_Angel_Contreras_Nino.pdf
- Contreras, L. y Backhoff, E. (2004). Metodología para elaborar exámenes criterios alineados al currículo. En S. Castañeda (Ed.). *Educación aprendizaje y cognición, teoría en la práctica* (pp. 155-174). Manual Moderno.
- Córica, J.L., Portalupi, C., Hernández, M.L. y Bruno, A. (2010). *Fundamentos de diseño de materiales para educación a distancia* (1ª ed.). Editorial Virtual Argentina.
- Crocker, L. y Algina, J. (1986). *Introduction to Classical and Modern Test Theory*. Rinehart and Winston.
- Dillenbourg, P., Schneider, D. y Synteta, P. (2002). Virtual learning environments. En *Proceedings of the 3rd Hellenic Conference on Information & Communication Technologies in Education* (pp. 3-18). Recuperado el 8 de septiembre de: <https://telearn.hal.science/hal-00190701/document>
- Ding, L., Chabay, R., Sherwood, B. y Beichner, R. (2006). Evaluating an electricity and magnetism assessment tool: Brief electricity and magnetism assessment. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 2(1). <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.2.010105>

- Encinas, F., Osorio, M., Ansaldo, J. y Peralta, J. (2016). El cálculo y la importancia de los conocimientos previos en su aprendizaje. *Revista de Sistemas y Gestión Educativa*, 3(7), 32-41. Recuperado de:
https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Sistemas_y_Gestion_Educativa/vol3num7/Revista_Sistemas_Gestion_Educativa_V3_N7_4.pdf
- Engelhardt, P. (2009). An introduction to classical test theory as applied to conceptual multiple-choice tests. En C. Henderson y K.A. Harper (Eds.) *Getting Started in PER*, 2(1).
- Escontrela, R. (2003). Bases para reconstruir el diseño instruccional en los sistemas de educación a distancia. *Revista Docencia Universitaria*, 1(4), 25-48. Recuperado de:
http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/sadpro/Documentos/docencia_vol4_n1_2003/5_art._2ramon_escontrela.pdf
- García, L. (2017). Educación a distancia y virtual: calidad, disrupción, aprendizajes adaptativo y móvil. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 20(2), 9-25. <http://dx.doi.org/10.5944/ried.20.2.18737>
- García, M. y Vilanova, S. (2008). Las representaciones sobre el aprendizaje de los alumnos de profesorado. Diseño y validación de un instrumento para analizar concepciones implícitas sobre el aprendizaje en profesores de matemática en formación. *Revista electrónica de investigación en educación en ciencias*, 3(2), 27-35. Recuperado de: <https://ppct.caicyt.gov.ar/index.php/reiec/article/view/7409>
- Gempp, R. (2006). El error estándar de medida y la puntuación verdadera de los test psicológicos: Algunas recomendaciones prácticas. *Terapia psicológica*, 24(2), 117-129. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/785/78524201.pdf>
- Gil, M.C. (2004). Modelo de diseño instruccional para programas educativos a distancia. *Perfiles educativos*, 26(104), 93-114. Recuperado de:
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-26982004000300006
- Gutiérrez, M.A. (1997). *Educación multimedia y nuevas tecnologías*. Ediciones de la Torre.
- Henrysson, S. (1971). Gathering, Analysing, and Using Data on Teste Items. En R.L. Thorndike, W.H. Angoff y E.F. Lindquist (Eds.) (pp.130-159). *Educational Measurement*. American Council on Education.
- Hernández, J., Espinosa, J., Peñaloza, M., Rodríguez, J., Chacón, J., Toloza, C., Arenas, M., Carrillo, S. y Bermúdez, V. (2018). Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: definición, propiedades y suposiciones. *AVFT*, 37(5), 587-595. Recuperado de:
https://www.revistaavft.com/images/revistas/2018/avft_5_2018/25sobre_uso_adequado_coeficiente.pdf
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación* (4ta ed.). McGraw-Hill.
- Herodotou, C., Sharples, M., Gaved, M., Kukulska-Hulme, A., Rienties, B., Scanlon, E. y Whitelock, D. (2019). Innovative pedagogies of the future: An evidence-based selection. *Frontiers in Education*, 4. <https://doi.org/10.3389/feduc.2019.00113>
- Kim, D., Lee, Y., Leite, W.L. y Huggins-Manley, A.C. (2020). Exploring student and teacher usage patterns associated with student attrition in an open educational resource-supported online learning platform. *Computers and Education*, 156. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103961>
- Lozada Alvarez, J.A. y Tovar Salazar, D.L. (2020). *Uso de un simulador de circuitos eléctricos, para el desarrollo de la competencia tecnológica en los estudiantes de grado undécimo* [Tesis de maestría, Universidad de Santander]. Recuperado el 8 de septiembre de 2023 de:
<https://repositorio.udes.edu.co/entities/publication/d422841e-8f82-488f-975b-d31ffce4387b>

- Morales, E.M. (2009). Los conocimientos previos y su importancia para la comprensión del lenguaje matemático en la educación superior. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 13(52), 211-222. Recuperado de: https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-48212009000300004
- Muñoz, J. y Mato, M. (2008). Análisis de las actitudes respecto a las matemáticas en alumnos de ESO. *Revista de Investigación Educativa*, 26(1), 209-226. Recuperado de: <http://revistas.um.es/rie/article/view/94181>
- Nitko, A. (1994). A model for developing curriculum-driven criterion-referenced and norm-referenced national examinations for certification and selection of students. Ponencia presentada en la Conferencia Internacional sobre Evaluación y Medición Educativas de la Asociación para el Estudio de la Evaluación Educativa (ASSESA). Recuperado el 8 de septiembre de 2023 de: <https://eric.ed.gov/?id=ED377200>
- Orozco, C. y Díaz, M.A. (2009). Atribuciones de la motivación al logro y sus implicaciones en la formación del pensamiento lógico-matemático en la universidad. *Interciencia*, 34(9), 630-636. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33913149006>
- Orozco-Moret, C. y Morales, V. (2007). Algunas alternativas didácticas y sus implicaciones en el aprendizaje de contenidos de la teoría de conjuntos. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 9(1), 1-19. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=15590107>
- Palacios, Á.H. y Laverde, J.M. (2014). *Didáctica de los circuitos eléctricos, lineamientos para la enseñanza y el aprendizaje de los esquemas de conexión eléctrica en serie y en paralelo, en programas técnicos y tecnológicos en electricidad, electrónica y afines* [Tesis de maestría, Universidad El Bosque]. Recuperado el 8 de septiembre de 2023 de: <https://repositorio.unbosque.edu.co/handle/20.500.12495/6125?show=full>
- Parra-González, M.E., Belmonte, J.L., Segura-Robles, A. y Cabrera, A.F. (2020). Active and emerging methodologies for ubiquitous education: Potentials of flipped learning and gamification. *Sustainability (Switzerland)*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/su12020602>
- Pedrosa, I., Suárez-Álvarez, J. y García-Cueto, E. (2013). Evidencias sobre la validez de contenido: avances teóricos y métodos para su estimación. *Acción psicológica*, 10(2), 3-18. <https://dx.doi.org/10.5944/ap.10.2.11820>
- Popham, J. (1990). *Modern educational measurement: A practitioner's perspective* (2a ed.). Allyn and Bacon.
- Prieto, G. y Delgado, A. (2010). Fiabilidad y validez. *Papeles del Psicólogo*, 3(1), 67-74. Recuperado de: <http://www.papelesdelpsicologo.es/pdf/1797.pdf>
- Radillo, M. y González, L. (2014). Enseñanza del concepto de límite de una función mediante sus diversas representaciones semióticas, a nivel licenciatura. *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*, 27, 1-10. Recuperado de: <http://funes.uniandes.edu.co/5641/1/RadilloEnseñanzaALME2014.pdf>
- Romero, D., Quiñonez, M.A. y Del Castillo, A.G. (2021). Intervención didáctica para el aprendizaje de números complejos en modalidad virtual. *Sahuarus. Revista Electrónica de Matemáticas*, 5(1), 112-126. <https://doi.org/10.36788/sah.v5i1.111>
- Segura, S.M. (2004). Sistemas de ecuaciones lineales: una secuencia didáctica. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 7(1), 49-78. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/335/33570103.pdf>
- Soto, J.L. y Romero, C.F. (2021). Una secuencia didáctica para introducir el concepto de ángulo entre dos planos. *Revista Electrónica AMIUTEM*, 9(1), 21-31. Recuperado de: <http://funes.uniandes.edu.co/23779/1/Soto2021Una.pdf>
- Urrutia, M., Barrios, S., Gutiérrez, M. y Mayorga, M. (2014). Métodos óptimos para determinar validez de contenido. *Educación Médica Superior*, 28 (3), 547-558. Recuperado de: <http://scielo.sld.cu/pdf/ems/v28n3/ems14314.pdf>

Zabala, A. y Arnau, L. (2008). *11 ideas clave, ¿Cómo aprender y enseñar competencias?* (2a ed.). Editorial Grao.

Zhang, M. y Li, Y. (2017). Teaching experience on faculty members' perceptions about the attributes of open educational resources (OER). *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 12(4), 191-199.
<https://doi.org/10.3991/ijet.v12i04.6638>