

EVALUACIÓN DE LA PROGRESIÓN DE COMPETENCIAS MATEMÁTICAS DE CIENCIAS BÁSICAS EN INGENIERÍA

ASSESSMENT OF THE PROGRESSION OF MATHEMATICAL COMPETENCES IN BASIC SCIENCES IN ENGINEERING

Jesús Eduardo Hinojos Ramos
Instituto Tecnológico de Sonora – ITSON
jesus.hinojos38844@potros.itson.edu.mx

Diana del Carmen Torres Corrales
Instituto Tecnológico de Sonora – ITSON
diana.torres14915@potros.itson.edu.mx

Bertha Ivonne Sánchez Luján
TecNM campus Cd. Jiménez
ivonnesanchez10@yahoo.com

Resumen

La evaluación de competencias genéricas y específicas en la educación superior es crucial, pero se enfrenta al desafío de medir y demostrar el progreso de los estudiantes en términos de dominio y logro de competencias. La investigación ha abordado la evaluación en niveles básicos y medios, así como en el ingreso a la universidad, pero carece de estudios sobre competencias al finalizar las ciencias básicas. Por ende, se establecen tres objetivos de investigación: desarrollar una estrategia teórico-metodológica para medir la progresión de competencias, crear un instrumento de evaluación basado en dicha estrategia y llevar a cabo un estudio de caso con estudiantes de ingeniería. Usando un enfoque cualitativo y exploratorio, se evalúa el desempeño de un estudiante de quinto semestre de ingeniería civil al resolver un diseño didáctico que presenta tareas de matemáticas desafiantes mediante el instrumento de evaluación, que proporciona un diagnóstico cuantitativo y cualitativo del progreso de competencias del estudiante y sugiere áreas de mejora basadas en indicadores de esta. Se concluye que esta metodología y evaluación son clave para demostrar el aprendizaje y la progresión de competencias en la educación universitaria.

Palabras clave: competencia profesional, enseñanza de ingeniería, matemáticas

Abstract

The assessment of generic and specific competencies is relevant in higher education, but it faces a challenge in how to evaluate and demonstrate student's learning in terms of progression of mastery levels and competency achievements. Research has addressed this issue in basic and middle education and at university entrance, but there is a lack of studies on the assessment of both types of competencies at the end of basic sciences. Therefore, three research objectives are proposed: develop a theoretical-methodological strategy to assess competency progression, create an evaluation tool based on the strategy and carry out a case study with engineering students. Using a qualitative and explorative focus, the instrument is used to evaluate the progression of mathematical competencies when the participant, a 5th semester civil engineering student, faces a didactical design that consists in challenging mathematical

tasks. This evaluation provides a quantitative and qualitative diagnosis of the student's competency progression and suggests areas of improvement based on indicators. We conclude that the methodology presented here along with evaluation is a key to demonstrate the learning and progression of competencies in higher education.

Keywords: professional competence, engineering education, mathematics

INTRODUCCIÓN

El término competencia tiene su origen en el ámbito laboral (DENYER; FURNÉMONT; POULAIN; VANLOUBBEECK, 2007). Su adopción al ámbito educativo se sitúa en el paradigma del aprendizaje socioconstructivista que considera que el proceso de aprendizaje se centra en el estudiante y el profesor forma parte del proceso (RUIZ, 2008). Por ejemplo, hay acepciones de competencias que hablan de desempeño donde se espera que el aprendiz desarrolle en la escuela habilidades de lectura, interpretación y actuación en situaciones cercanas a la realidad, teniendo en cuenta la complejidad de la situación que se presenta, a través de la articulación de conocimientos y acciones en contextos donde utilizar estas habilidades tiene sentido (GREEN, 2015).

Una revisión de literatura referente a competencias matemáticas en el nivel superior permitió identificar que la investigación tiene preocupación por medir el nivel de competencia con que ingresan los estudiantes a la universidad y brindar estrategias que coadyuven a mejorar las competencias matemáticas.

Martínez-Reyes, Soberanes-Martín y Sánchez-Soto (2018) realizaron un estudio cuantitativo para medir el nivel de competencia con estudiantes de bachillerato que ingresan a Ingeniería en Computación a través del diseño de una prueba que mide la competencia matemática tomando como base los resultados de pruebas estandarizadas. En sus resultados se identifica que los estudiantes tienen un nivel operativo (nivel bajo), por lo que recomiendan actividades didácticas con empleo de tecnología digital para fomentar un aprendizaje significativo para los requerimientos de la universidad.

Igualmente, Torres-Rodríguez y Campos-Nava (2020) realizaron un estudio cuantitativo con estudiantes de tres generaciones que ingresaron a la licenciatura en Física. Fundamentada en las competencias de PISA (Programa Internacional para la Evaluación de los Estudiantes), libros de texto y manuales de ingreso a la universidad, los autores diseñaron una prueba diagnóstica con veinte reactivos en cuatro áreas: Álgebra y Aritmética, Geometría, Precálculo y Cálculo. En sus resultados mencionan que los estudiantes se desempeñan mejor en tareas de

un área, siendo de mayor reto las tareas que requieren la articulación de varias áreas de la matemática.

Para mejorar las competencias matemáticas se elaboran cursos remediales, propedéuticos y formativos, con o sin el apoyo de tecnología digital. Por ejemplo, Amador-Ortiz, Torres-Isiordia y Velarde-Peña (2021) elaboraron un estudio cuantitativo para medir el impacto de un curso remedial de estudiantes de nuevo ingreso a la universidad de distintos programas educativos. Los autores aplicaron un examen diagnóstico antes y después del curso remedial en temas de Aritmética y Álgebra. Los resultados muestran que el curso remedial fue exitoso para nivelar las competencias matemáticas en dichas áreas, sin embargo, señalan que es necesario dar seguimiento para saber si dichos logros permanecen a largo plazo.

También Sánchez-Luján y Moreno-Segura (2018) realizaron un estudio cualitativo de un curso propedéutico con estudiantes de nuevo ingreso a la universidad de distintos programas educativos. Emplearon una secuencia didáctica del tema de fracciones (suma, resta, multiplicación, división y representación gráfica) y con la tipología de competencias matemáticas de la OCDE (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico) identificaron el nivel de competencia. Los resultados ubican al 70.3% de los estudiantes en los niveles 0 y 1, y al 29.7% en el nivel 2. Los autores señalan que debido a la ausencia de habilidades de comunicación para justificar procedimientos los estudiantes no logran el nivel 3 o superior de competencias matemáticas.

Martínez-Palmera, Combita-Niño y De la Hoz (2018) hicieron un estudio cuantitativo para analizar la contribución de los Objetos Virtuales de Aprendizaje (OVA) al desarrollo de competencias matemáticas en estudiantes de ingeniería de dos universidades. En la asignatura de Cálculo diferencial y mediante dos grupos (de control y experimental), aplicaron el curso durante un semestre académico. Posteriormente, con una prueba aplicada al grupo experimental obtuvieron que el 25.9% de los estudiantes desarrollaron habilidades matemáticas superiores al grupo de control. Los autores resaltan los beneficios de este tipo de material de refuerzo para una asignatura ya que argumentan que los OVA permitieron organizar el contenido de manera amigable y se dio retroalimentación a las tareas que resolvieron los estudiantes.

Por su parte, Díaz y Poblete (2019) llevaron a cabo un estudio cuantitativo y cualitativo con estudiantes de cuarto semestre de ingeniería de dos universidades. Diseñaron un instrumento de respuesta abierta del tema de límites de funciones reales para caracterizar competencias matemáticas y errores a partir de tipologías establecidas en la investigación. Los

autores señalan que obtuvieron resultados similares en los distintos programas educativos, ubicándose principalmente en la competencia nivel 2 referente a resolución de problemas rutinarios puramente matemáticos. Mientras que respecto a los errores los estudiantes fueron ubicados en el empleo de teoremas, de definiciones y errores de tipo técnico. Asimismo, los autores plantean que las percepciones de los estudiantes pudieran mejorar si se incluyeran ejemplos de aplicaciones pertinentes del uso de la matemática.

De la revisión de literatura expuesta se identifica que las competencias se desarrollan de manera gradual a lo largo de la formación profesional y existen diversos estudios que han puesto énfasis en medir y proponer estrategias para robustecer las competencias matemáticas con que cuentan los estudiantes en un momento determinado. Sin embargo, hay una ausencia de estudios que evidencian cómo estas competencias matemáticas progresan a lo largo de la formación profesional y a su vez cómo se desarrollan a la par con otros tipos de competencias.

En el caso de los programas de ingeniería los cursos de matemáticas generalmente se ubican en los primeros años de formación en el bloque de ciencias básicas (también física, química y biología), junto con asignaturas de formación general y con las cuales se pretende desarrollar competencias genéricas a la par de las competencias específicas, como las competencias matemáticas. En este escenario, se presenta un proyecto de investigación que atiende el desarrollo e impregnación de competencias genéricas y competencias específicas de matemáticas en estudiantes de Ingeniería que cursan las asignaturas correspondientes a su plan de estudios. En particular para este artículo se conciben tres objetivos de investigación:

- 1) Configurar una estrategia teórica-metodológica para medir la progresión de competencias genéricas y matemáticas para profesionales no matemáticos.
- 2) Construir un instrumento de evaluación para medir la progresión de las competencias matemáticas.
- 3) Diseñar, implementar y analizar una intervención didáctica que documente un estudio de caso de la progresión de competencias matemáticas para estudiantes de ingeniería.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

A continuación, se señalan las acepciones de competencia, competencias genéricas, competencias específicas y el modelo de competencias matemáticas, con los cuales está fundamentada la estrategia teórica-metodológica para el análisis de la progresión de competencias en estudiantes de Ingeniería.

Consideraciones generales

Para García, Angeles y Encinas (2018) una *competencia* constituye un saber hacer complejo y adaptativo, que se aplica de manera reflexiva, tiene un carácter integrador y abarca conocimientos, habilidades, emociones, valores y actitudes; la competencia permite al sujeto adecuarse a una diversidad de contextos donde desarrolla su actividad profesional. Las competencias se clasifican en genéricas y específicas (disciplinares). Las *competencias genéricas* se aplican de manera transversal en distintas ocupaciones y situaciones aportando herramientas básicas para analizar los problemas, evaluar las estrategias y proponer soluciones adecuadas. Mientras que las *competencias específicas* aportan una cualificación profesional concreta al individuo, como saberes y técnicas propias de un ámbito concreto.

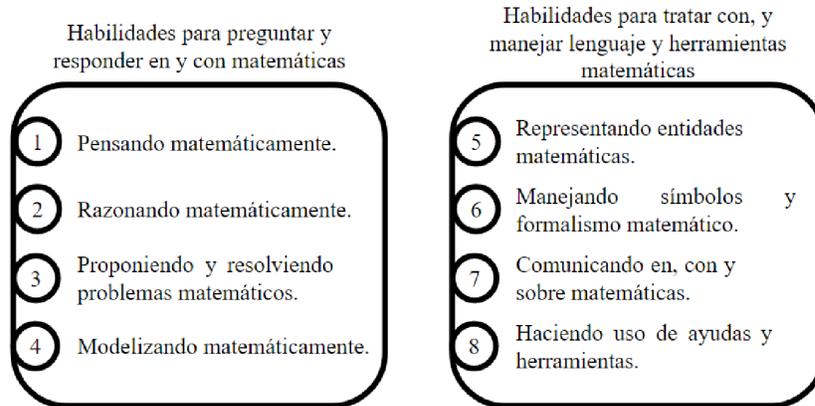
De las competencias específicas para matemáticas, existen diversos marcos de referencia, los cuales proponen definiciones centradas en los aspectos pragmáticos, cognitivos, afectivos o legislativos. Entre ellos se tienen tres que declaran competencias para el nivel superior: Tuning, UEALC 6x4 y KOM.

El proyecto Tuning (2007) es el más amplio de los tres mencionados, lista un conjunto de 23 competencias disciplinares para formación de profesionales de Matemáticas, más no para profesionales no matemáticos. Por otro lado, la información acerca de UEALC 6x4 es más escasa, pero se desarrolló con base en lo propuesto en Tuning (GREEN, 2015). El proyecto KOM (NISS, 2002; NISS; HOJGAARD, 2011) es el que ha sido más documentado y empleado operativamente como base de otros proyectos, como es el caso de las evaluaciones de PISA (OCDE, 2006), y permite visualizar el desarrollo de competencias específicas de matemáticas para profesionales no matemáticos. Por trabajar con profesionales no matemáticos como la ingeniería se toma la decisión metodológica de retomar el proyecto KOM dirigido por Niss desde 1990 e implementado en Dinamarca como una plataforma para la reforma curricular de matemáticas.

En el proyecto KOM (Figura 1) se define la competencia matemática como la habilidad de entender, juzgar, hacer y usar las matemáticas en una variedad de contextos tanto internos como externos a ellas, en los que estas juegan o podrían jugar un papel (NISS; HOJGAARD, 2011). Esto requiere, pero no se limita a conocimientos factuales y destrezas técnicas, ya que la habilidad corresponde con procesos mentales, actividades físicas y formas de actuar, que se encuentran íntimamente ligadas y pueden poseer una naturaleza dual: analítica y productiva. La naturaleza analítica es relativa al entendimiento, interpretación, examinación y evaluación de

fenómenos y procesos matemáticos. Mientras que la naturaleza productiva refiere a la construcción activa y desarrollo de procesos matemáticos (NISS, 2003a).

Figura 1: Modelo de competencias matemáticas.



Fuente: Adaptado de (NISS, 2003a).

Consideraciones analíticas

El desarrollo de competencias genéricas y específicas no necesariamente se da en los mismos espacios temporales, ya que los cursos de matemáticas se mantienen ubicados en los primeros dos años de los programas educativos de ingeniería (bloque de ciencias básicas). Sin embargo, al momento del egreso del programa educativo, ambos tipos de competencias se habrán desarrollado de manera simultánea y alcanzado los niveles pertinentes para cada programa educativo de ingeniería.

Por ello, a partir de Niss (2002; 2003a; 2003b), Niss y Hojgaard (2011) y García, Angeles y Encinas (2018) se perfila una estrategia teórica-metodológica para el análisis de la progresión de competencias genéricas y específicas de matemáticas, la cual evalúa cualitativamente el desarrollo de dichas competencias a través de dos elementos: niveles de dominio y la impregnación de atributos de competencias.

- **Niveles de dominio.** Dado que las competencias tienen una evolución y robustecimiento a lo largo de la formación profesional, para clasificar se establecen niveles de dominio (básico, intermedio y avanzado en nuestro caso), que obedecen la ubicación temporal de las asignaturas y al cumplimiento de indicadores de desarrollo de habilidades.
- **Impregnación de atributos de competencias.** Las competencias genéricas y específicas de matemáticas se desarrollan de manera gradual a lo largo de la formación profesional, pero dado el carácter transversal de las competencias genéricas, estas se

incorporan y eventualmente saturan en todos los espacios curriculares, mediante la utilización de contenidos relevantes, estrategias de aprendizaje y evaluación, evidencias y criterios de desempeño.

De este modo, se define que poseer una competencia matemática consiste en estar en preparación y disponibilidad para actuar matemáticamente con base en el conocimiento y percepción, para realizar acciones físicas, conductuales, lingüísticas y cognitivas. Las competencias genéricas impregnan atributos en las competencias específicas, y viceversa dado el uso de diversos conocimientos de forma integrada en las asignaturas profesionales o de ingeniería aplicada. Entonces, la impregnación de atributos consiste en que una competencia se desarrolla de manera conjunta con otras competencias, compartiendo características e indicadores, por lo cual un mismo indicador puede utilizarse para analizar la progresión de varias competencias.

Bajo esta consideración, la progresión de competencias se evidencia mediante los niveles de dominio, que son un aspecto cualitativo que considera, además del momento temporal en el cual se encuentra un estudiante, otros tres aspectos:

- *Grado de cobertura*: que corresponde con la presencia y rango de acción de las competencias de una persona en relación con la actividad en la cual se involucra.
 - En matemáticas: qué tantos atributos de competencias se identifican en la producción de un estudiante al realizar una actividad matemática; ¿identifica la matemática que puede resolver el problema?, ¿qué información consulta para resolver la tarea? (apuntes, notas, internet u otras personas).
- *Radio de acción*: que corresponde con la variedad de contextos y situaciones donde una persona desarrolla una actividad.
 - En matemáticas: qué tan generalizado para otros contextos es el uso de conocimiento matemático; ¿la solución intramatemática o extramatemática que plantea para resolver la tarea está en términos del contexto del problema?, ¿qué matemática pone en juego de manera explícita e implícita?
- *Nivel técnico*: que corresponde con la complejidad conceptual y técnica del conocimiento que usa una persona al actuar en una actividad.
 - En matemáticas: qué tan compleja es la matemática que se pone en juego; ¿emplea un lenguaje matemático que corresponde con su momento formativo?, ¿qué registros de representación matemática utiliza para dar solución a la tarea?

Estos tres aspectos se consideran en la declaración de los indicadores de progresión de la competencia y se evalúan mediante rúbricas a las cuales se les asigna un valor por medio de una escala de Likert, estas rúbricas se contextualizan con los elementos propios de la competencia específica partiendo de los indicadores.

METODOLOGÍA

El estudio se realizó desde un enfoque cualitativo con alcance descriptivo, de tipo exploratorio y seguimiento longitudinal de dos años (HERNÁNDEZ-SAMPIERI; FERNÁNDEZ-COLLADO; BAPTISTA-LUCIO, 2010). A continuación, se describe el escenario, las características de los participantes y el diseño de toma de datos.

Proyecto de investigación de matemáticas

El Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON) es el escenario donde se realizó la investigación, esta institución es un centro de educación superior universitario público y autónomo, ubicado en el sur del estado de Sonora, México. La oferta educativa de la universidad cuenta con doce programas de ingeniería en modalidad escolarizada. Todos sus programas han pasado por un proceso de reestructuración curricular durante el periodo comprendido entre los años 2021 a 2023, bajo el enfoque por competencias mediante la metodología de impregnación de García, Angeles y Encinas (2018), promoviendo el desarrollo de trece competencias genéricas de manera transversal. Si bien, el enfoque por competencias fue adoptado por la institución desde la reestructuración curricular del año 2002, fue a partir de 2023 cuando comenzó a implementarse la metodología de impregnación antes mencionada.

Dado esta reestructuración curricular en la institución, se hizo patente la necesidad de modificar el bloque de ciencias básicas hacia un esquema que promueva el desarrollo de competencias tanto genéricas como específicas. De tal manera que, por acuerdo interno tomado por las academias de profesores del Departamento de Matemáticas, se declaró una metodología de trabajo donde las competencias de solución de problemas, compromiso ético y compromiso social son parte transversal del trabajo, mientras que de manera explícita se promueven algunas de las competencias genéricas de manera simultánea con las ocho competencias matemáticas del proyecto KOM (Tabla 1).

Tabla 1: Conjunto de competencias genéricas y específicas

LISTADO DE COMPETENCIAS GENÉRICAS INSTITUCIONALES	COMPETENCIAS ESPECÍFICAS PARA MATEMÁTICAS DEL PROYECTO KOM
<ul style="list-style-type: none"> ● Administración de Proyectos ● Aprendizaje Autónomo ● Atención a la Diversidad Cultural ● Compromiso Ético ● Compromiso Social ● Comunicación Efectiva ● Emprendimiento ● Integridad Personal ● Solución de Problemas ● Sustentabilidad ● Trabajo en Equipo ● Uso de Tecnologías de Información y Comunicación ● Vida Saludable 	<p><i>Bloque de habilidades para preguntar y responder con y en matemáticas:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Pensando matemáticamente ● Razonando matemáticamente ● Proponiendo y resolviendo problemas matemáticos ● Modelizando matemáticamente <p><i>Bloque de habilidades para tratar con, y manejar lenguaje y herramientas matemáticas:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Representando entidades matemáticas ● Manejando símbolos y formalismos matemáticos ● Comunicando en, con y sobre matemáticas ● Haciendo uso de ayudas y herramientas

Fuente: elaboración propia (2024).

El nivel de dominio al cual se pretenden desarrollar y evaluar estas competencias son básico e intermedio, de acuerdo con el momento cronológico en el que se ofrecen a los programas educativos (aspecto temporal). El nivel básico corresponde con las asignaturas de semestres uno a tres y el nivel intermedio con las asignaturas de semestres cuatro a seis.

La selección de las tres competencias genéricas mencionadas como metodología de trabajo se debe a recomendaciones dadas por parte de la Comisión de Desarrollo Académico institucional, dado que toda competencia que se declara de forma explícita en un programa debe ser evaluada utilizando indicadores en los cierres de bloques de asignatura, pero si estas son parte de una metodología de trabajo, su evaluación se realiza en otras asignaturas; dicho acuerdo tiene por objetivo disminuir el trabajo administrativo y de evaluación con criterios tanto cuantitativos como cualitativos. Finalmente, la progresión de una competencia, en el ámbito de clases regulares no requiere del diseño de instrumentos de aprendizaje especiales para ese fin, sino que pueden utilizarse instrumentos previamente diseñados o utilizados antes del modelo por competencias, pero explicitando la presencia de los atributos de las competencias genéricas a evaluar o impregnar.

Participantes del estudio

En la investigación participó un estudiante hombre mexicano que tenía 20 años durante la toma de datos, y en ese momento cursaba asignaturas del quinto semestre, de acuerdo con el plan estudios 2016 de Ingeniería Civil y con base en su trayectoria académica se considera un

estudiante sobresaliente porque tiene 0% de índice de reprobación. También participaron dos profesores-investigadores del Departamento de Matemáticas de ITSON y una profesora-investigadora externa que labora en México. El estudiante en ese momento cursaba las asignaturas de cálculo vectorial y ecuaciones diferenciales con el primer autor de este artículo fue seleccionado de manera intencional y se le invitó a participar en el estudio por medio de una carta en conjunto con la firma de un acuerdo de confidencialidad y uso de la información. El estudiante participó de manera voluntaria y sin recibir retribución económica o de calificación.

La elección del participante se debe a que, durante su formación en ciencias básicas, cursó las asignaturas de álgebra universitaria, cálculo diferencial, cálculo integral, cálculo vectorial y ecuaciones diferenciales con dos de los autores de este artículo, y se le dio seguimiento durante su formación hasta el quinto semestre de su plan de estudios, declaramos además que no existe ningún conflicto de interés por parte de los participantes.

Intervención didáctica

La toma de datos se hizo con una intervención didáctica y entrevistas para identificar el desarrollo de las competencias matemáticas y elementos de competencias genéricas impregnados en ellas durante el trayecto formativo de ciencias básicas (álgebra universitaria, cálculo diferencial, cálculo integral, cálculo vectorial y ecuaciones diferenciales) del estudiante participante. La metodología para el diseño de la intervención didáctica consiste en la planeación y diseño de instrumentos para incidir de forma intencional en un ambiente escolar (Tabla 2).

Tabla 2: Guía para la elaboración de intervenciones didácticas

FASES	PRE-INTERVENCIÓN		INTERVENCIÓN	POST-INTERVENCIÓN	
Momento	Planeación		Diseño	Ejecución	Evaluación
	<i>Objetivos</i>	<i>Contenidos</i>	<i>Tareas</i>	<i>Métodos</i>	<i>Evaluación</i>
Preguntas	¿Qué se va a aprender?	¿Cuándo se va a aprender?	¿Cómo se va a aprender?	¿Cómo realizar la intervención didáctica?	¿Cómo evidenciar el aprendizaje?

Fuente: traducida de Hinojos, Torres-Corrales y Camacho-Ríos (2023, p. 4).

Las tareas se diseñaron con base en las preguntas guía de la tabla anterior, e involucran los conocimientos meta propuestos por los programas de curso de las asignaturas de matemáticas, aunque no son ejercicios típicamente escolares y su solución no es única, estos pueden ser resueltos utilizando el conocimiento adquirido en su formación universitaria (Tabla 3). Las tareas fueron entregadas al estudiante conforme las resolvió y se indicó que podía hacer anotaciones, sin desechar procedimientos o respuestas. Se dio una semana para responder cada tarea y podía solicitar una extensión del tiempo de entrega por tres días más. Para responder las tareas se dio libertad de utilizar software, consultar en internet y preguntar a otras personas, incluidos estudiantes y profesores.

Tabla 3: Instrumento de intervención didáctica

TAREA	CONTENIDO	
<p>Tarea 1 – Resolución de una integral</p> <p>Objetivo: Desarrollar y resolver la integral para el cálculo del área superficial de un sólido de revolución.</p>	<p>Conociendo la función $f(x) = x^3 + 1$, considera que dicha función gira alrededor del eje x.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) ¿Cuáles estrategias te permitirían determinar la integral para encontrar el área de la superficie del sólido que se forma? 2) Determina la integral para encontrar el área de la superficie del sólido que se forma. 3) ¿Cuál sería el área de la superficie del sólido en el intervalo de $0 \leq x \leq ?$ 	
<p>Tarea 2 – Formas de representar</p> <p>Objetivo: Analizar las distintas formas de representar algebraicamente una función periódica y continua por intervalos, ya sea a través de la definición analítica de una función o por medio de series.</p>	<p>Parte 1 – Considera la gráfica del primer ciclo de la función periódica $g(t)$.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) ¿Cuáles estrategias te permitirían determinar la expresión analítica para dicha función? 2) Determina la expresión analítica para la función $g(t)$. 	
	<p>Parte 2 – Retomando la gráfica de $g(t)$.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) ¿Cuáles estrategias te permitirían representar esta función discontinua mediante un conjunto de funciones continuas? 2) Determina la expresión como un conjunto de funciones continuas para la función $g(t)$. 	
<p>Tarea 3 – Pilares</p> <p>Objetivo: Resolver un problema abierto con base en el conocimiento que tiene el estudiante sobre geometría y la ingeniería.</p>	<p>Considera dos pilares construidos con la misma cantidad de masa. El primero tiene una base cuadrada de 1 m^2 y una altura de 2 m. El segundo tiene una base circular de 1 m^2 y una altura de 2 m. Ambos se colocan perpendiculares sobre un terreno liso y se dejan solos. Después de 2 días se observa que ambos pilares se hundieron una cierta distancia en el terreno.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) ¿De qué factores depende el hundimiento? 2) ¿Cuál de los dos pilares consideras se habría hundido más y por qué? 3) ¿Cómo demostrarías que dicho pilar es el que más se hundió? 4) ¿Cuáles estrategias te permitirían evitar el hundimiento de los pilares? 	

Fuente: elaboración propia (2022).

La intervención didáctica se realizó entre junio y septiembre del 2022 conforme la disponibilidad del estudiante. De junio a julio el estudiante llevó cursos intensivos de verano en modalidad remota y de agosto a septiembre tomó cursos en modalidad presencial. Como fuente secundaria para profundizar y triangular la información se realizaron cinco entrevistas con una duración de 3 horas y 47 minutos, una entrevista al inicio del proyecto y entrevistas posteriores al término de cada tarea; se dispone de la grabación de las entrevistas en formato de video.

Para la fase de evaluación se construye una rúbrica de evaluación que contempla la valoración cuantitativa y cualitativa de la progresión de competencias. Este instrumento se configura con base en las consideraciones analíticas sobre la teoría de competencias.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

A continuación, se presenta el momento de evaluación de los aprendizajes esperados mediante el llenado de la rúbrica. Por cuestiones de extensión se presentan de manera simultánea las respuestas escritas del estudiante junto con su análisis. De la primera tarea se muestra el análisis completo y del resto de las tareas una síntesis.

Para el análisis de los datos y el llenado de la rúbrica se revisa la solución de la tarea y se compara con las posibles respuestas esperadas en el diseño del instrumento de intervención. Posteriormente se realiza la evaluación global de la tarea mediante de forma cuantitativa y cualitativa. Con la valoración cuantitativa se ponderan numéricamente los indicadores y se asigna un nivel de dominio de la competencia de acuerdo con el siguiente porcentaje: 0-20 básico, 21-40 transición básico-intermedio, 41-60 intermedio, 61-80 transición intermedio-avanzado, 81-100 avanzado. Mientras que con la valoración cualitativa se explica el logro dentro del nivel de dominio de la competencia con base en el grado de cobertura, radio de acción y nivel técnico, posteriormente se indican las competencias genéricas de las cuales se identifican atributos impregnados en sus respuestas y se da una retroalimentación general sobre las oportunidades de mejora o aspectos en los cuales profundizar.

Análisis de la Tarea 1 – Resolución de una integral

El desempeño del estudiante a las tres preguntas de la tarea 1 (Tabla 3) lo ubica en el nivel de dominio de transición intermedio-avanzado con un 80% (Figura 2).

Figura 2: Extracto de la solución de la tarea 1 del estudiante.

$f(x) = x^3 + 1$ gira alrededor de x

1) Al saber que el tema trata de la resolución de una integral. Primero **buscamos apuntes.**

- Plantear la función otorgada a una grafica para ver mas clara lo que pide el problema
- Observar la función y de esta obtener los valores para hacer una **integral definida.**
- Usar una formula $S_x = \int_a^b 2\pi y \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} dx$

En su grado de cobertura identifica que la matemática que resuelve la tarea corresponde con su curso de cálculo integral; en su radio de acción plantea la integral; y en su nivel técnico presenta inconsistencias respecto al formalismo matemático, limita sus respuestas a los registros de representación de lenguaje natural y algebraico, y no resuelve la integral de forma analítica o numérica. En la retroalimentación se recomienda elaborar gráficos como registro de representación matemática de apoyo y una estrategia para resolver la integral planteada (Tabla 4).

Tabla 4: Rúbrica de evaluación de la Tarea 1 – Resolución de una integral

Rúbrica de evaluación para competencias matemáticas. Competencias específicas del proyecto KOM: Pensando matemáticamente, Representando entidades matemáticas, Manejando símbolos y formalismos matemáticos.								
Indicadores matemáticos	NA	0	1	2	3	4	5	Valoración Cualitativa
I1. Maneja conceptos y nociones matemáticas.							X	<p>Grado de cobertura</p> <p>Preguntas guía: ¿identifica la matemática que puede resolver el problema?, ¿qué información consulta para resolver la tarea? (apuntes, notas, internet u otras personas).</p> <p>Valoración: identifica que la matemática que resuelve la tarea corresponde con el curso de cálculo integral. Elabora notas de acuerdo con una búsqueda de información de internet (videos y PDF).</p>
I2. Extiende el alcance de los conceptos y nociones por medio de la abstracción de sus propiedades.						X		
I3. Elige y transita entre					X			<p>Radio de acción</p> <p>Preguntas guía: ¿la solución intramatemática o extramatemática que plantea para resolver la tarea está en términos del contexto del problema?, ¿qué matemática pone en juego de manera explícita e implícita?</p> <p>Valoración: da una solución intramatemática que involucra nociones de álgebra (despejes, notación y simbolismo) y cálculo integral (simbolismo y uso de fórmulas).</p>

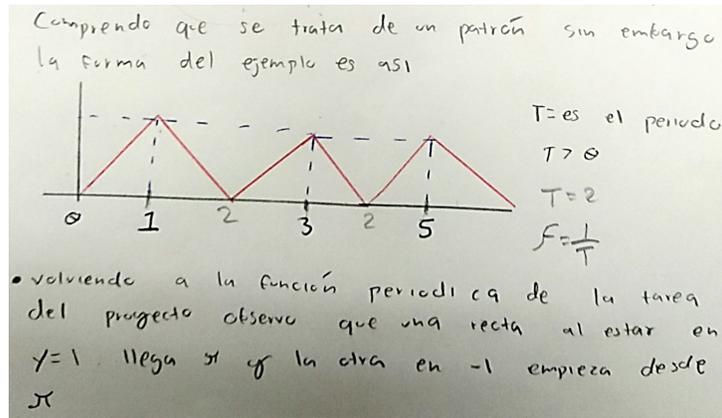
distintas representaciones de acuerdo con el contexto del problema que resuelve.								
I4. Maneja declaraciones y expresiones que contienen símbolos y fórmulas matemáticas.						X		
Suma					3	8	5	
Total: 16 de 20 (80%) Nivel de transición intermedio-avanzado								
Competencias genéricas impregnadas: se identifican atributos relacionados con el aprendizaje autónomo (búsqueda de información), la comunicación efectiva (la forma como expresa sus hallazgos y procedimientos) y la solución de problemas.								
Retroalimentación: elaborar gráficos como registro de representación matemática de apoyo para argumentar sus respuestas. La solución de la integral se compone de dos partes, una con solución analítica por medio de la técnica de cambio de variable y otra que no tiene solución analítica, por lo cual se recomienda utilizar software o integración numérica para determinarla.								

Fuente: construida con base en Niss (2002; 2003a; 2003b), Niss y Hojgaard (2011) y García, Angeles y Encinas (2018). NA cuando un indicador seleccionado no aplica con algún aspecto del producto de aprendizaje; 0 corresponde con un estudiante ausente de la clase; los rangos 1, 3 y 5 son los niveles de dominio básico, intermedio y avanzado; los rangos 2 y 4 son la transición entre los niveles de dominio según el criterio cualitativo determinado por quien realiza la evaluación.

Análisis de la Tarea 2 – Formas de representar

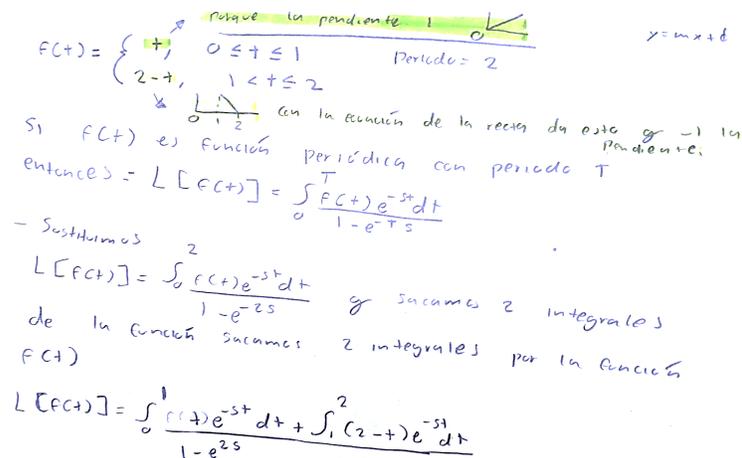
El desempeño del estudiante a las dos preguntas de la tarea 2 parte 1 (Tabla 3) lo ubica en el nivel de dominio avanzado con un 85%. En su grado de cobertura identifica que la matemática que resuelve la tarea corresponde con el contenido de sus cursos de cálculo en general; en su radio de acción describe una solución en lenguaje natural con nociones de álgebra de funciones; y en su nivel técnico utiliza un lenguaje natural adecuado, pero no logra el tránsito hacia una expresión analítica debido a confusiones con los ejemplos consultados como referencia. En la retroalimentación se recomienda profundizar en las nociones de continuidad, funciones continuas por intervalos y funciones discontinuas, así como continuar con el uso de gráficas como apoyo para su representación (Figura 3).

Figura 3: Extracto de la solución de la tarea 2 parte 1 del estudiante.



El desempeño del estudiante a las dos preguntas de la tarea 2 parte 2 (Tabla 3) lo ubica en el nivel de dominio avanzado con un 100%. En su grado de cobertura identifica una matemática que resuelve la tarea, la cual está ausente en los cursos de matemáticas de ciencias básicas; en su radio de acción plantea una solución en términos de álgebra de funciones y un cambio de dominio de variable real hacia variable compleja; y en su nivel técnico presenta el tránsito del lenguaje natural hacia un formalismo algebraico y utiliza diversos registros de representación como apoyo para su argumentación. En la retroalimentación se recomienda profundizar en el teorema de Laplace utilizado, ya que si bien se responde a la tarea desconoce el significado de la variable s en términos del problema (Figura 4).

Figura 4: Extracto de la solución de la tarea 2 parte 2 del estudiante.



Análisis de la Tarea 3 – Pilares

El desempeño del estudiante a las cuatro preguntas de la tarea 3 (tabla 3) lo ubica en el nivel de dominio avanzado con un 100%. En su grado de cobertura identifica que la matemática que resuelve la tarea requiere de tomar en consideración variables no matemáticas propias del

contexto de la ingeniería civil; en su radio de acción plantea una solución en los términos del contexto extramatemático del problema y realiza argumentos coherentes mediante el uso de nociones de geometría, proporcionalidad y su conocimiento disciplinar; y en el nivel técnico plantea la solución del problema en términos de lenguaje natural apoyado con el uso de diagramas de las figuras, fórmulas y cálculos numéricos de proporciones que son coherentes con el contexto del problema. En la retroalimentación se recomienda que al ser un problema de solución abierta que depende de la interpretación de la información, se discuta con otros estudiantes y profesores del área de ingeniería las diferentes alternativas de solución (Figura 5).

Figura 5: Extracto de la solución de la tarea 3 del estudiante.

The figure shows a student's handwritten solution for a task involving two pillars. On the left, there are two diagrams: 'Pilar 1' is a rectangular prism with height 2m and base side 1m; 'Pilar 2' is a cylinder with height 2m and diameter 1m. Below the diagrams, it says $m_1 = m_2$. To the right, a list of factors is written:

- Depende como se instalen en el suelo
- Depende del suelo
- Depende si tienen algo encima para transmitir fuerza
- Depende de las condiciones climáticas, la cantidad de que otras direcciones de una lluvia, humedad, etc.

 Below this list, the student notes $m_1 = m_2 \rightarrow$ Agregamos un valor, solo para demostrar. Then, calculations are shown:

- $V_{\text{pilar 1}} = 2m^3$
- $V_{\text{pilar 2}} = 1.57m^3$
- $\rho_{\text{pilar 1}} = \frac{50kg}{2m^3}$
- $\rho_{\text{pilar 2}} = \frac{50kg}{1.57m^3}$
- Final results: $\rho_{\text{pilar 1}} = 25kg/m^3$ and $\rho_{\text{pilar 2}} = 31.84kg/m^3$
- Conclusion: $m_{\text{valor propuesto}} = 50kg$

 On the far left, there are notes: '1. (completar su densidad. $V = (A \times h)$ ', 'Pilar 1 = $V = (1 \times 2m)$ ', 'Ab = 1×1 $V = 2m^3$ ', and 'Ab = 1'.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Se atendió el objetivo de investigación 1) *configurar una estrategia teórica-metodológica para medir la progresión de competencias genéricas y matemáticas para profesionales no matemáticos* con el apartado **Consideraciones analíticas**. La literatura mostró que se ha investigado el nivel de dominio de estudiantes que ingresan a nivel superior y que durante el trayecto de ciencias básicas se han planteado estrategias para coadyuvar a su estandarización mediante cursos. Por otro lado, los proyectos de la OCDE para medir competencias matemáticas se han enfocado en los niveles básico y medio superior (ver **Consideraciones generales**). La estrategia teórica-metodológica presentada mide el producto de aprendizaje de matemáticas que recibe las asignaturas subsecuentes del plan de estudios. La principal contribución de esta estrategia es la articulación entre los niveles de dominio y la impregnación de atributos de competencias para la evaluación integral y simultánea de competencias genéricas y específicas para la formación de ingenieros, tomando en consideración lo planteado por Niss y Hojgaard (2011) y García, Angeles y Encinas (2018)

mediante las preguntas guía. Si bien existe una revisión de los conceptos de competencia matemática del año 2019 por parte de Niss y Hojgaard, la versión del 2011 es operativamente más adecuada para lo mostrado en este artículo.

Se responde al objetivo 2) *construir un instrumento de evaluación para medir la progresión de las competencias matemáticas* con la elaboración de la rúbrica mostrada en la Tabla 4. Este instrumento da un diagnóstico cuantitativo y cualitativo del estado actual de la progresión del estudiante y retroalimenta los aspectos a profundizar con base en los indicadores de la competencia. La rúbrica representa un cambio en el tipo de evaluación tradicional porque toma en consideración lo cognitivo y lo pragmático (habilidades y destrezas) en el contexto del problema que se resuelve, lo cual atiende las recomendaciones de Moreno (2009) sobre los retos del enfoque por competencias en el nivel superior y los beneficios de la retroalimentación para el estudiante de Torres-Corrales, Hinojos y Cuevas (2022) de índole afectivo, conocimiento meta y rol activo como productor de su aprendizaje.

El objetivo 3) *diseñar, implementar y analizar una intervención didáctica que documente un estudio de caso de la progresión de competencias matemáticas para estudiantes de ingeniería* fue atendido en los apartados **Intervención didáctica** y **Resultados y análisis**. La metodología utilizada (Tabla 2) da respuesta a este objetivo ya que considera el momento de evaluación donde se utiliza la rúbrica para evidenciar el aprendizaje a través de la progresión de competencias, sin embargo, esta rúbrica por sí sola no permite evidenciar el aprendizaje si se carece de un diseño didáctico adecuado para utilizarla. Por ello el diseño didáctico (Tabla 3) va más allá de los exámenes (pruebas) que miden procesos memorísticos (evaluación sumativa), porque tiene por intencionalidad el uso de conocimiento matemático en conjunto con habilidades, destrezas y recursos disponibles para dar alternativas de solución congruentes con la tarea que resuelve. El tipo de evaluación cuantitativa y cualitativa que permite hacer el diseño didáctico y la rúbrica va en la dirección de Camacho-Ríos, de la Cruz, Hinojos, Rodríguez-Gallegos y Torres-Corrales (2022) que recomiendan diversificar los productos de evaluación en matemáticas.

El estudio de caso se realizó con un estudiante mexicano de 5to semestre de Ingeniería Civil que presentó un desempeño sobresaliente de acuerdo con el seguimiento longitudinal en su formación de ciencias básicas (asignaturas de álgebra universitaria, cálculo diferencial, cálculo integral, cálculo vectorial y ecuaciones diferenciales). El diseño didáctico provocó intencionalmente determinadas competencias. A medida que el estudiante resolvió el diseño

didáctico mostró un progreso más refinado en el nivel de dominio y los atributos de las competencias matemáticas, lo cual es coherente con su trayectoria académica. Las competencias matemáticas fueron consideradas desde el diseño de las tareas, mientras que las genéricas se provocaron a través de la metodología de trabajo propuesta al estudiante, donde se le dio libertad de consultar información, proceder por cuenta propia de la forma que le pareciera más adecuada en la resolución y reportar sus hallazgos (Tabla 5).

Tabla 5: Resumen del desempeño del estudiante

TAREA	COMPETENCIAS DE MATEMÁTICAS	COMPETENCIAS GENÉRICAS	NIVEL DE DOMINIO
1 – Resolución de una integral	Pensando matemáticamente	Aprendizaje autónomo	Transición intermedio-avanzado con un 80%
2 – Formas de representar (parte 1)	Representando entidades matemáticas	Comunicación efectiva	Avanzado con un 85%
2 – Formas de representar (parte 2)			Nivel avanzado con un 100%
Tarea 3 – Pilares	Manejando símbolos y formalismos matemáticos	Solución de problemas	Nivel avanzado con un 100%

Nota. Fuente: elaboración propia.

Para obtener resultados similares al estudio de caso presentado es necesario tomar datos con estudiantes de ingeniería y que hayan cursado algunas o todas las asignaturas de matemáticas de su plan de estudios. De manera general, si los estudiantes tienen un desempeño escolar regular al terminar los bloques de ciencias básicas, se esperaría que el nivel de dominio se encuentre en intermedio o transición intermedio-avanzado.

Por otro lado, si la estrategia teórica-metodológica es implementada para evaluar a otros profesionales no matemáticos, es necesario adecuar el diseño didáctico para contextualizar las tareas a la disciplina donde se evalúa. Esto se debe a que las tareas requieren tomar en cuenta el contexto disciplinar que posee características propias. En el caso de implementar esto con profesionales matemáticos, es necesario realizar la adecuación desde el diseño didáctico a partir del marco de competencias propuesto por Tuning, como lo señalan también Ramírez-Díaz, Méndez-Sánchez, Pérez-Trejo y Olvera-Aldana (2016) para el caso de las competencias específicas de física para profesionales físicos.

Por último, los principales retos de la evaluación desde el enfoque por competencias son el tiempo que conlleva elaborar diseños didácticos y realizar evaluaciones cualitativas para cada estudiante. Así mismo la profesionalización de los profesores en relación con estos métodos de evaluación. De los anteriores planteamientos se concibe que la configuración del esquema teórico-metodológico, el instrumento de evaluación y la estrategia para su ejecución utilizadas

en este artículo son una ruta viable para evidenciar el aprendizaje de las matemáticas y la progresión de competencias en la formación escolar universitaria.

REFERENCIAS

AMADOR-ORTIZ, C.; TORRES-ISIORDIA, M.; VELARDE-PEÑA, L. Impacto de un curso propedéutico en las competencias matemáticas de estudiantes de nuevo ingreso de licenciatura del TecNM campus Puerto Vallarta. **RIDE: Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo**, v.12, n.23. 2021. <https://doi.org/10.23913/ride.v12i23.1100>

CAMACHO-RÍOS, A.; DE LA CRUZ, A.; HINOJOS, J.; RODRÍGUEZ-GALLEGOS, R.; TORRES-CORRALES, D. Repensando la evaluación en matemáticas para la formación de ingenieros. **Feglinin-Revista oficial de la Federación Global De Profesiones**, v.II, n.22, p.43-49, 2022. <https://federacionglobal.com/FEGLININ/No22/sep2022/vol-2/access.html>

DENYER, M.; FURNÉMONT, J.; POULAIN, R.; VANLOUBBEECK, G. Capítulo V. Evaluación del dominio de competencias. *En: LAS COMPETENCIAS EN LA EDUCACIÓN, UN BALANCE*. Fondo de Cultura Económica, 2007. <https://cutt.ly/CwoseAYQ>

DÍAZ, V.; POBLETE, A. Competencias matemáticas: desempeño y errores en la resolución de problemas de límites. **Revista Paradigma**, v.40, n. 1, p.358-383, 2019. <https://doi.org/10.37618/PARADIGMA.1011-2251.2019.p358 - 383.id733>

GARCÍA, M.; ANGELES, O.; ENCINAS, D. H. **Metodología para la impregnación curricular de competencias genéricas en Educación Superior**. Instituto Tecnológico de Sonora: ed., 2018. <https://cutt.ly/WwosrPHA>

GREEN, I. **Nivel de desarrollo de las Competencias Matemáticas en estudiantes de segundo año de la carrera del Profesorado en Matemáticas del año 2013**. Universidad Pedagógica Nacional Francisco Morazán, 2015. <https://cutt.ly/AwospajC>

HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R.; FERNÁNDEZ-COLLADO, C.; BAPTISTA-LUCIO, C. **Metodología de la investigación**. Mc Graw Hill, 2010.

HINOJOS, J.; TORRES-CORRALES, D.; CAMACHO-RÍOS, A. The construction of the integral for the arc length of a curve based on van Heuraet and Fermat's works. **British Journal for the History of Mathematics**, v.38, n.1, p.41-54, 2023. <https://doi.org/10.1080/26375451.2023.2168880>

MARTÍNEZ-PALMERA, O.; COMBITA-NIÑO, H.; DE LA HOZ, E. Mediación de los Objetos Virtuales de Aprendizaje en el Desarrollo de Competencias Matemáticas en Estudiantes de Ingeniería. **Formación Universitaria**, v.11, n.6, p.63-74, 2018. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062018000600063>

MARTÍNEZ-REYES, M.; SOBERANES-MARTÍN, A.; SÁNCHEZ-SOTO, J. Análisis correlacional de competencias matemáticas de pruebas estandarizadas y pre-requisitos matemáticos en estudiantes de nuevo ingreso a Ingeniería en Computación. **RIDE: Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo**, v.8, n.15, p.946 – 974, 2018. <https://doi.org/10.23913/ride.v8i15.328>

- MORENO, T. Competencias en educación superior: un alto en el camino para revisar la ruta de viaje. **Perfiles Educativos**, v.31, n.124, p.69-92, 2009. <https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2009.124.18836>
- NISS, M. **Mathematical competencies and the learning of mathematics: the Danish KOM project**. Roskilde University, 2002. <https://acortar.link/zplaff>
- NISS, M. Mathematical competencies and the learning of mathematics: The Danish KOM project. *In*: 3RD MEDITERRANEAN CONFERENCE ON MATHEMATICS EDUCATION, p.115-124. **Hellenic Mathematical Society and Cyprus Mathematical Society**, 2003a. <https://cutt.ly/ICNSSoz>
- NISS, M. Quantitative literacy and mathematical competencies. *In*: QUANTITATIVE LITERACY: WHY NUMERACY MATTERS FOR SCHOOLS AND COLLEGES, p.215-220. **National Council on Education and the Disciplines**, 2003b. <https://cutt.ly/gCNSCe9>
- NISS, M.; HOJGAARD, T. **Competencies and Mathematical Learning: Ideas and inspiration for the development of mathematics teaching and learning in Denmark**. Roskilde University, 2011. https://pure.au.dk/ws/files/41669781/THJ11_M
- OCDE. **PISA: MARCO DE LA EVALUACIÓN. CONOCIMIENTOS Y HABILIDADES EN CIENCIAS, MATEMÁTICAS Y LECTURA**. Santillana, 2006. <https://www.oecd.org/pisa/39732471.pdf>
- RAMÍREZ-DÍAZ, M.; MÉNDEZ-SÁNCHEZ, A.; PÉREZ-TREJO, L.; OLVERA-ALDANA, M. Competencias específicas consideradas las más realizadas y más importantes en los programas de física en México. **Perfiles Educativos**, v.38, n.152, p.68-87, 2016. <https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2016.152.57596>
- RUIZ, J. Problemas actuales de la enseñanza aprendizaje de las matemáticas. **Revista Iberoamericana de Educación**, v.47, n.3, p.1-8, 2008. <https://doi.org/10.35362/rie4732348>
- SÁNCHEZ-LUJÁN, B.; MORENO-SEGURA, R. Competencias matemáticas en fracciones en alumnos de nuevo ingreso a nivel universitario. *In* **Crescendo**, v.9, n.3, p.525-539, 2018. <https://revistas.uladech.edu.pe/index.php/increscendo/article/view/2075>
- TORRES-CORRALES, D.; HINOJOS, J.; CUEVAS, O. El proceso de retroalimentación de tareas de matemáticas en la evaluación formativa de pregrado. **Arété: Revista Digital del Doctorado en Educación de la Universidad Central de Venezuela**, v.8, n.16, p.123-137, 2022. <https://doi.org/10.55560/ARETE.2022.16.8.6>
- TORRES-RODRÍGUEZ, A.; CAMPOS-NAVA, M. Competencias Matemáticas de Estudiantes de Nuevo Ingreso a una Licenciatura en Física. **UNIÓN: Revista Iberoamericana de Educación Matemática**, v.16, n.58, p.150-167, 2020. <http://revistaunion.org/index.php/UNION/article/view/74>
- TUNING. **Reflexiones y perspectivas de la Educación Superior en América Latina**, 2007 tuning.unideusto.org/tuningal/

Submetido em 15 de fevereiro de 2024.
Aprovado em 02 de agosto de 2024.