

Diseño y validación de una Prueba de Evaluación Diagnóstica de la Competencia matemática para universitarios
Design and validation of a Diagnostic Test of Mathematical literacy for university students
Design e validação de uma Prova de Avaliação Diagnóstica de Competências Matemáticas para estudantes universitários

Luis E. Eyzaguirre Espino¹, María del Rosario Bazán Guzmán¹, Jeanette B. González Castro²

Resumen

El estudio tuvo como propósito diseñar, validar y confirmar la estructura tridimensional de una prueba de evaluación diagnóstica de la competencia matemática de ingresantes universitarios; para lo cual se adaptó la definición conceptual de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico OCDE, para la prueba PISA 2015 a un contexto de enseñanza superior. Se aplicó la prueba a un total de 455 estudiantes de ambos sexos. Se listó inicialmente 31 ítemes, los cuales fueron sometidos a 08 jueces expertos, teniendo un consenso entre ellos en cuanto a su pertinencia y formulación (*V-Aiken*); de ellos se seleccionaron 20 ítemes (6 del proceso de formulación, 10 de empleo y 4 de interpretación). Se evaluó la confiabilidad, la consistencia interna, la validación ítem-puntaje total y el análisis factorial confirmatorio (CFA) utilizando el software SPSS-24. Los resultados muestran una confiabilidad $\alpha=0.867$, la consistencia interna, *Índice de Guttman*=0.838 y alta correlación de los ítem-puntaje total. El CFA confirmó la estructura tridimensional inicialmente propuesta de la competencia matemática, la cantidad de varianza total explicada fue de 69,4%.

Palabras clave: Análisis Factorial Confirmatorio, Evaluación Diagnóstica. Competencia matemática, PISA.

Abstract

The purpose of the study was to design, validate and confirm the three-dimensional structure of a diagnostic evaluation test of the mathematical competence of university students; for which the conceptual definition of Organization for Economic Cooperation and Development OECD was adapted for the 2015 PISA test to a higher education context. The test was applied to a total of 455 students of both sexes. 31 items were initially prepared, which were submitted to 08 expert judges, having a high consensus among them regarding their relevance and formulation (*V-Aiken*), of which 20 items were selected (6 of the formulation process, 10 of employment and 4 interpretation). Reliability, internal consistency, item-total score validation and confirmatory factor analysis (CFA) were evaluated using SPSS-24 software. The results show a reliability $\alpha = 0.867$, internal consistency, Guttman Index = 0.838 and correlation of the item-total high score. The CFA confirmed the initially proposed three-dimensional structure of mathematical competence, the amount of total variance explained was 69.4%.

Key words: Confirmatory Factor Analysis, Diagnostic Evaluation. Mathematical literacy, PISA.

Resumo

O objetivo do estudo foi projetar, validar e confirmar a estrutura tridimensional de um teste de avaliação diagnóstica da competência matemática dos estudantes universitários; para o qual a definição conceitual de

¹ Universidad San Ignacio de Loyola. Lima - Perú. leyzaguirre@usil.edu.pe

² Universidad Nacional del Santa. Docente de la Escuela de Post Grado. Chimbote – Perú.

Recibido, 25 de noviembre de 2017

Aceptado, 23 de diciembre de 2017

Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico da OCDE foi adaptada para o teste PISA de 2015 para um contexto de educação superior. O teste foi aplicado a um total de 455 alunos de ambos os sexos. 31 itens foram inicialmente preparados, que foram submetidos a 08 juízes especialistas, tendo um alto consenso entre eles quanto à sua relevância e formulação (V-Aiken), dos quais 20 itens foram selecionados (6 do processo de formulação, 10 de emprego e 4 interpretação). Confiabilidade, consistência interna, validação de pontuação total de item e análise fatorial de confirmação (CFA) foram avaliadas usando o software SPSS-24. Os resultados mostram uma confiabilidade $\alpha = 0,867$, consistência interna, Guttman Index = 0,838 e correlação do item - pontuação máxima total. O CFA confirmou a estrutura tridimensional inicialmente proposta de competência matemática, a quantidade de variância total explicada foi de 69,4%.

Palavras-chave: Análise de fator de confirmação, avaliação diagnóstica. Competência matemática, PISA.

Introducción

El tema de la evaluación de las competencias, y los resultados de los aprendizajes se está convirtiendo en objeto de interés educativo nacional e internacional, por la necesidad de rentabilizar los esfuerzos formativos y los recursos para aumentar la competitividad institucional y mejorar los resultados académicos de los estudiantes. Formamos parte de una sociedad que exige una permanente actividad de aprendizaje, y que, en consecuencia, para las universidades, será imprescindible rediseñar currículos (planes de estudio, estrategias metodológicas, así como los sistemas de evaluación), para responder a dichas exigencias.

Por ello este estudio, pretendió responder a la siguiente pregunta: ¿Cuál es la correspondencia entre la estructura de dimensiones de PISA 2015 y la prueba de evaluación diagnóstica de la competencia matemática para universitarios?, para lo cual nos planteamos el objetivo de diseñar, validar y confirmar la estructura multidimensional de una Prueba de evaluación diagnóstica de la competencia matemática de ingresantes universitarios, con la finalidad de encontrar coincidencia entre la tridimensionalidad estructural de PISA y las dimensiones de la prueba escrita elaborada, ya que en los reportes de investigación no dan cuenta de ello; sin embargo, por la metodología de análisis que se utiliza (Teoría de respuesta al Ítem -TRI) se considera el carácter unidimensional de la prueba.

Para la elaboración de la prueba se consideró la definición de competencia matemática, de la OECD: “capacidad del individuo para formular, emplear e interpretar las matemáticas en distintos contextos. Incluye el razonamiento matemático y la utilización de conceptos, procedimientos, datos y herramientas matemáticas para describir, explicar y predecir fenómenos. Ayuda a los individuos a reconocer el papel que las matemáticas desempeñan en el mundo y a emitir los juicios y las decisiones bien fundadas que los ciudadanos constructivos, comprometidos y reflexivos necesitan”. (OECD, 2016, p.74).

El aporte de este trabajo es la adecuación de la definición de competencia matemática (Literacy mathematical) que está detrás de la Prueba PISA 2015, para el nivel superior universitario, principalmente en las capacidades matemáticas fundamentales, como se muestra en la figura siguiente:

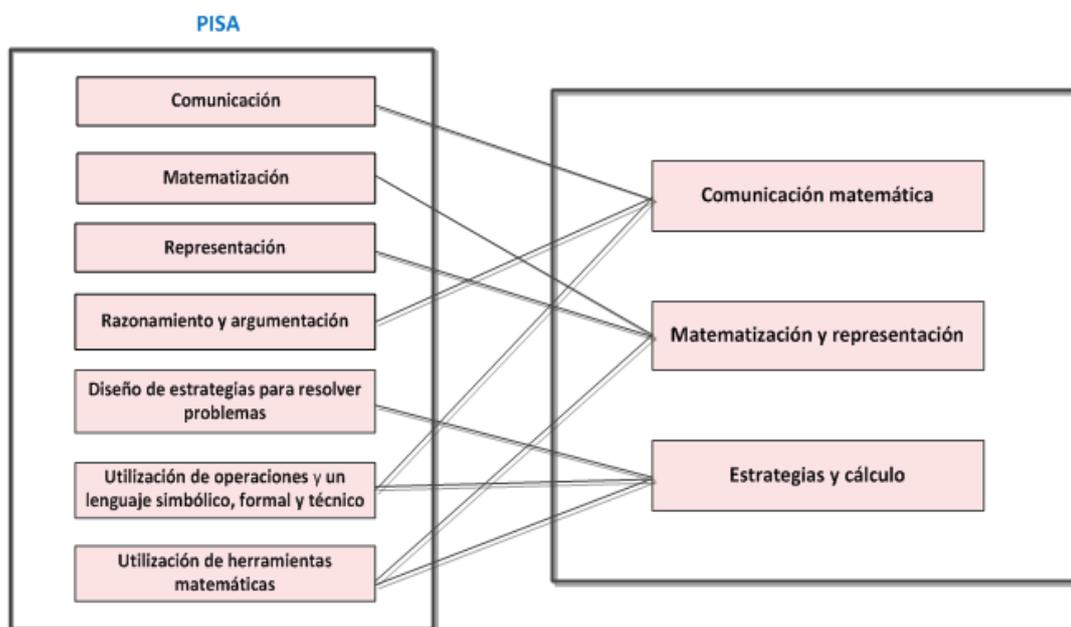


Figura 1. Reagrupación de las capacidades matemáticas fundamentales

En este sentido, y para lograr un alineamiento de los procesos matemáticos y las capacidades matemáticas fundamentales, además, se elaboró la matriz operacional; la cual muestra el modo en el que estas tres capacidades se manifiestan dentro de los tres procesos. Se consideraron en la elaboración de la prueba los procesos de formulación matemática de las situaciones, empleo de conceptos, datos, procedimientos y razonamientos matemáticos, e interpretación, aplicación y valoración de los resultados matemáticos. Las capacidades matemáticas fundamentales de Comunicación matemática, Matematización y representación y Estrategias y cálculo, dentro de los contextos personal, profesional, social y científico y los contenidos de cantidad, espacio y forma y cambio y relaciones.

La conceptualización de las capacidades propuestas, que sirvió de base para la selección, adaptación y elaboración de los ítemes que conformarían la prueba, se muestran a continuación:

Comunicación Matemática (CM); capacidad que implica la lectura, decodificación e interpretación de información para formar un modelo mental de la situación, que es un paso importante para la comprensión, clarificación y formulación de un problema. Durante el proceso de solución, puede ser necesario resumir y presentar los resultados intermedios. Posteriormente, una vez encontrada la solución, la persona que resuelve el problema puede presentarla a otros y tal vez dar una explicación o justificación.

Matematización y Representación (RM); capacidad que permite transformar un problema definido en el mundo real en una forma propiamente matemática (que puede incluir la estructuración, conceptualización, elaboración de suposiciones o formulación de un modelo). Así mismo consideramos integra la selección, interpretación, traducción y utilización de distintas representaciones para reflejar una situación, interactuar con un problema o presentar el propio trabajo.

Estrategia y Cálculo (EC); capacidad que implica la selección y diseño de una estrategia para, reformular matemáticamente problemas, activar mecanismos de control eficaces en procedimientos de múltiples pasos, así como el diseño de estrategias para interpretar una solución matemática a un problema contextualizado. De la misma manera considera la manipulación y uso de expresiones numéricas y simbólicas, así como el uso de definiciones, reglas y algoritmos, así como el uso de las herramientas matemáticas.

Entre las categorías de contenido que sirven de base para identificar contenidos utilizados para la elaboración de la prueba, entre otras, tenemos: 1. Funciones: el concepto de función, enfatizando, pero sin limitarse a las funciones lineales, sus propiedades y una variedad de descripciones y representaciones de las mismas. Las representaciones utilizadas normalmente son verbales, simbólicas, tabulares y gráficas. 2. Expresiones algebraicas: interpretación verbal y manejo de expresiones algebraicas que incluyen números, símbolos, operaciones aritméticas, potencias y raíces simples. 3. Ecuaciones y desigualdades: ecuaciones lineales y afines y desigualdades, ecuaciones simples de segundo grado, y métodos de resolución analíticos y no analíticos.

Para el caso de la pruebas, Jornet, J. (2016) analiza las características metodológicas de los procesos métricos que sustentan los instrumentos que se utilizan en PISA y en ellos identifica fortalezas y debilidades en diversas áreas, desde el diseño y validación del proyecto como programa de evaluación internacional, sus usos y modos de comunicación de resultados, hasta las características métricas de sus instrumentos. Se proponen alternativas para optimizar el uso del proyecto en general y en los países involucrados en particular. Se concluye que se trata de un proyecto que por su calidad metodológica e impacto socio-político, es valioso.

Material y Métodos

Para gestionar los procesos curriculares de los cursos del área de matemática se trabajó con las tres capacidades, ello permitió la elaboración de la prueba, siguiendo los procesos que indicaron los expertos para su construcción. Estos procesos fueron:

Redacción inicial de un banco de 31 ítems, de los cuales se seleccionaron 20, los que estaban conformados por ocho ítems originales, nueve ítems adaptados y tres ítems creados. En relación a los ítems y a los tipos de respuesta que deberían mostrar los estudiantes, se consideraron formatos de escritura según las normas de redacción de los ítems. Los elementos para estructurar los ítems fueron las capacidades, procesos, contenidos y contextos como se muestra en la Tabla 1.

En la validación de contenido participaron ocho jueces especialistas en el área de educación matemática, con maestría o doctorado en matemática o educación matemática, cuya valoración fue recogida en un cuadernillo con tres partes: La primera, con las indicaciones para el proceso de evaluación, donde se les solicitó la solución del ítem y la justificación de su procedimiento; la segunda, su identificación institucional y constancia de validación y la tercera, una ficha de validación para que ratifique los atributos determinados a priori para cada ítem en función de las dimensiones, utilizándose el criterio V-Aiken para analizar su consenso.

Para la validación de constructo o de la estructura dimensional de la prueba, se llevó a cabo el análisis factorial confirmatorio-CFA (Lee y Idris, 2017), con los datos de una muestra de 455 ingresantes (187 hombres y 268 mujeres) con edades comprendidas entre 16 y 21 años; asimismo se analizó la consistencia interna y la correlación ítem/puntaje total; utilizándose para ello el software SPSS versión 24.

Tabla 1. Definición operacional de la variable competencia matemática

Capacidades matemáticas	Ítem	Proceso Matemático	Contexto	Contenido
Comunicación matemática	CM3	Interpretación	Social	Cantidad
	CM12	Interpretación	Social	Cambio y relaciones
	CM13	Formulación	Social	Cambio y relaciones
	CM14	Formulación	Social	Cambio y relaciones
	CM15	Interpretación	Social	Cambio y relaciones
Matematización y Representación	CM1	Empleo	Social	Cantidad
	CM 2	Empleo	Social	Cantidad
	CM 4	Formulación	Profesional	Cambio y relaciones
	CM 5	Formulación	Profesional	Cambio y relaciones
	CM 6	Interpretación	Profesional	Cambio y relaciones
	CM 10	Formulación	Social	Cantidad
Estrategias y Cálculo	CM 11	Formulación	Social	Cambio y relaciones
	CM 7	Empleo	Científico	Cambio y relaciones
	CM 8	Empleo	Científico	Cambio y relaciones
	CM 9	Empleo	Científico	Cambio y relaciones
	CM 16	Empleo	Personal	Cantidad
	CM 17	Empleo	Personal	Cantidad
	CM 18	Empleo	Profesional	Espacio y forma
	CM 19	Empleo	Profesional	Espacio y forma
CM 20	Empleo	Profesional	Espacio y forma	

Fuente: Elaboración propia

Resultados

Presentamos los resultados más importantes del procesamiento de datos

Tabla 2. Confiabilidad y validez del cuestionario

	Alpha de Crombach	Índice de Guttman	Correlación Ítem/total
Total	0.867	0.838	-
Dimensiones			
Formulación	0.805	0.797	,904**
Empleo	0.745	0.611	,941**
Interpretación	0.452	0.521	,807**

Fuente: Elaborada propia

La fiabilidad de la prueba y la consistencia interna de la misma, nos reportó un coeficiente Alpha de Crombach igual a 0.867 y un coeficiente de Guttman (método dos mitades) igual a

0.838. La dimensión proceso matemático de interpretación fue la que presentó menor fiabilidad con un Alpha de Crombach de 0.452.

Tabla 3. Confiabilidad y validez de los ítems del cuestionario

Ítem	Media (DE)	Índice de homogeneidad	Alpha de Crombach cuando se elimina un ítem	Correlación Ítem/total	MSA*
CM1	0.47(0.499)	,686	,854	,727**	,945
CM2	0.15(0.357)	,509	,861	,550**	,890
CM3	0.41(0.808)	,467	,862	,565**	,882
CM4	0.36(0.479)	,623	,856	,669**	,942
CM5	0.20(0.397)	,594	,858	,634**	,925
CM6	0.35(0.758)	,310	,868	,417**	,892
CM7	0.09(0.433)	,179	,869	,245**	,736
CM8	0.28(0.449)	,556	,859	,605**	,934
CM9	0.02(0.147)	,161	,868	,184**	,948
CM10	0.30(0.460)	,547	,859	,598**	,776
CM11	0.04(0.205)	,303	,866	,333**	,839
CM12	0.11(0.346)	,348	,865	,396**	,868
CM13	0.62(0.487)	,750	,852	,783**	,851
CM14	0.53(0.500)	,717	,853	,754**	,876
CM15	0.47(0.846)	,514	,860	,610**	,949
CM16	0.60(0.917)	,517	,861	,620**	,927
CM17	0.41(0.811)	,405	,865	,510**	,908
CM18	0.30(0.646)	,524	,858	,596**	,893
CM19	0.25(0.560)	,569	,857	,628**	,915
CM20	0.51(0.875)	,470	,863	,575**	,933

*Índice de Adecuación muestral MSA

En la tabla 3. Se muestran los estadísticos descriptivos de los ítems; donde se observó que los ítem CM9 y CM11 son los que presentan menor variabilidad y los ítem CM7 y CM9 los que presentaron menor validez ya que se correlacionan menos con el total de la prueba con un índice de correlación de Pearson de 0.245 y 0.184 respectivamente, los cuales debieron ser eliminados; sin embargo se les consideró ya que la correlación elemento-total corregido o índice de homogeneidad oscila entre 0.852 y 0.869, lo cual indica una alta correlación entre el ítem y la puntuación total sin considerar el ítem evaluado. Por otro lado, el índice de correlación ítem-puntaje total, oscila entre 0.184 y 0.783, siendo que el 90% de ellos presenta una correlación por encima de 0.30 lo cual es aceptable.

Tabla 4. KMO y Test de Barlett

Medida KMO		,904
Prueba de Esfericidad de Barlett	Aprox. X ²	3116,734
	gl	190
	Sig.	,000

Fuente: salida de resultados del AFC con el software

La medida de adecuación de la muestra KMO igual a 0.904 mayor a 0.6 (excelente) nos indica que la muestra es adecuada; asimismo la prueba de Esfericidad de Barlett con significación igual a 0,000 < 0,01 nos indica que la matriz de correlaciones contiene intercorrelaciones altamente significativas entre los ítems evaluados como se observa en la tabla 4; dichos resultados validan la ejecución del análisis factorial confirmatorio.

En la tabla 5 se muestra el índice de bondad de ajuste de la prueba; el cual explica un 69,4% de variabilidad total. Por tanto, el AFC confirmó la estructura tridimensional inicialmente propuesta. Los ítems que cargaron en los factores 1 y 6 corresponden al proceso de formulación, los que cargaron a los factores 2, 3, 4 y 7 corresponden al proceso de empleo y los ítems que cargaron a los factores 5 y 8 corresponden al proceso de interpretación.

Asimismo, las cargas factoriales en la primera dimensión oscilan de 0,483 a 0,901 (utilizando 0.40 como criterio de saturación (Lee, L y Idris, N, 2017), en la segunda dimensión oscilan de 0,472 a 0.859 y en la tercera dimensión oscilan de 0,542 a 0.79 respectivamente.

Tabla 5. Dimensionalidad del constructo competencia matemática

Proceso	Factor	Ítem	Carga factorial	Communalidad	Total	%	%*
Formulación	1, 6	CM1	,696	,652	4,885	24,425	24,425
		CM4	,483	,562			
		CM10	,631	,611			
		CM11	,901	,841			
		CM13	,856	,863			
		CM14	,830	,791			
			CM15	,457	,440		
Empleo	2,3,4,7	CM2	,785	,699	6,597	32,986	57,411
		CM3	,694	,756			
		CM5	,472	,587			
		CM7	,859	,792			
		CM16	,755	,717			
		CM17	,757	,699			
			CM18	,493	,665		
			CM19	,514	,674		
			CM20	,548	,637		
Interpretación	5,8	CM6	-,599	,756	2,398	11,989	69,4
		CM8	,542	,642			
		CM9	,791	,787			
			CM12	,784	,709		

***Porcentaje total de varianza explicada acumulado

Discusión

La estructura tridimensional del instrumento de medición, debe ser coherente con el marco que se ha propuesto al constructo, Las dimensiones de análisis proporcionan la evidencia empírica para la correspondencia entre el marco y la evaluación.

La prueba PISA 2015 proporciona un marco riguroso, de la estructura tridimensional de la prueba; sin embargo, Ekmekci and Carmona (2012) exploraron la estructura de la competencia matemática de PISA 2003 para estudiantes en los Estados Unidos, detectando la unidimensionalidad de dicha prueba (Ekmekci, 2013), discrepante con los resultados

obtenidos en el presente estudio. Este estudio, es pionero en abordar la tridimensionalidad de la prueba diagnóstica, y proporciona un indicio más para reflexionar respecto a los resultados presentados por dimensiones, procesos, capacidades, contextos y contenidos.

Los resultados de la validación de esta prueba desde el enfoque psicométrico de Teoría Clásica de los Test (TCT) son parte del trabajo de la línea de investigación en Educación Matemática, desarrollados por los autores, Doctorandos, y su Asesora; en los Programas de Doctorado en Matemática y en Estadística Matemática, respectivamente, con los trabajos titulados “Propuesta Curricular para el Desarrollo de la Competencia Matemática y las Actitudes hacia la Matemática en Estudiantes Universitarios” y “Modelos Psicométricos de Diagnóstico Cognitivo de la Competencia Matemática y Clasificación de Ingresantes de Pre Grado de una Universidad Privada de Lima”

Conclusiones

Este trabajo reportó la validación psicométrica de la prueba para medir la competencia matemática, en base a su definición conceptual; encontrándose que la fiabilidad de la prueba y la consistencia interna de la misma, reportó un coeficiente Alpha de Crombach igual a 0.867 y un coeficiente de Guttman (método dos mitades) igual a 0.838.

El análisis factorial confirmó la tridimensionalidad del constructo competencia matemática, con un 69.4% de variabilidad total explicada por los 3 factores, con las adecuaciones pertinentes respecto a las tres capacidades matemáticas evaluadas; sin embargo, para reforzar el rigor en futuras investigaciones, los investigadores recomiendan el modelado de ecuaciones estructuradas (SEM).

Referencias Bibliográficas

- Ekmecki, A. (2013). *Mathematical Literacy Assessment Design: A Dimensionality Analysis of Programme for International Student Assessment (PISA) Mathematics Framework*. (Doctoral Dissertation in USA, The University of Texas at Austin).
- Jornet, M. (2016). Análisis metodológico del Proyecto PISA como evaluación internacional. *Revista electrónica de Investigación y Evaluación Educativa*, 22 (1), 1-25.
- Lee, L y Idris, N. (2017). Validity and reliability of the instrument using exploratory Factor Analysis and Cronbachs alpha, Malasia. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 7(10), 400-410. DOI: 10.6007/IJARBSS/v7-i10/3387
- OECD (2016). *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic and Financial Literacy*, PISA, OECD Publishing, Paris