



ISSN: 2448-6574

Diseño y validación de instrumentos de evaluación (cuestionarios) para el reconocimiento de las representaciones científicas en estudiantes de bachillerato sobre el tema de colisiones bajo un entorno multirepresentacional

José Felipe Cabrera Martínez
feli.cabrera@unam.mx

Reyna Alejandra Fonseca Velázquez
CCADET,
interalecubilas@gmail.com

Fernando Flores Camacho
fernandoflores.ccadet.unam.mx

Cynthia Lima González
cynesperanza@yahoo.com.mx

Jesús Manuel Cruz Cisneros
jmcruz@unam.mx

Nancy Montes Calva
mcnancy05@gmail.com¹

Resumen

El presente escrito muestra el desarrollo y validación de un cuestionario, con el cual se pretende identificar las representaciones de los estudiantes de nivel bachillerato sobre el tema de colisiones de la asignatura de física. La elaboración del cuestionario corresponde a una etapa dentro del proyecto de investigación: “Procesos de transformación de las representaciones científicas en los estudiantes de bachillerato bajo un entorno multirepresentacional apoyado con tecnologías digitales”². Dicho proyecto utilizó como contexto escolar los laboratorios de ciencias en el bachillerato de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), en los cuales se tienen diversos recursos tecnológicos que permiten que los alumnos cuenten con múltiples representaciones externas.

¹En atención a la estructura que se solicita para el documento se incluyen tres autores, pero se cree importante dar crédito también a los demás autores por su participación relevante.

² Proyecto Conacyt-238712.



ISSN: 2448-6574

Para reconocer el proceso de transformación de dichas representaciones sobre el fenómeno físico de colisiones en alumnos de bachillerato, se desarrolló un cuestionario el cual pasó por un proceso de revisión y adecuación para obtener una versión final. Dicha versión fue aplicada a 67 estudiantes de bachillerato del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH). Los datos obtenidos fueron calificados a partir de escalas que consideran los alcances y limitaciones en las respuestas dadas para describir y explicar los distintos temas abordados. Los resultados sirvieron para aplicar pruebas de validación, que mostraron que se logró generar un instrumento con un adecuado nivel de validez (relacionada con la claridad de preguntas, la obtención de respuestas esperadas, con los ítems pertinentes, inteligibles, con completitud y una estructura semejante) y confiabilidad estadística (con un coeficiente alpha de Cronbach de 0.75), el cual permite contar con descripciones y explicaciones de los alumnos mediante respuestas escritas, esquemas y dibujos, lo que nos permite conocer las representaciones que tienen sobre los diferentes aspectos conceptuales y procesos implicados en el tema de colisiones en física.

Palabras clave: cuestionarios, validación, representaciones, evaluación, bachillerato.

Planteamiento del problema

No es fácil aprender los conceptos científicos pues implica un proceso complejo de transformación conceptual y representacional, una reconstrucción de procesos cognitivos y epistemológicos, de ahí las dificultades de aprender ciencias, en particular física. Sin embargo, aprender ciencias no es una tarea que no pueda lograrse, más aún, si se parte del desarrollo consecuente de procesos didácticos adecuados, orientados por una clara idea del aprendizaje y de lo que éste implica para la práctica escolar.

Para apoyar los procesos de transformación conceptual y representacional en la enseñanza, diversas propuestas educativas actuales se orientan hacia el uso de múltiples representaciones. El uso de éstas en los procesos didácticos aún es incipiente y requiere de investigación y es precisamente uno de los objetivos de este trabajo.

Para llevar a cabo la investigación se diseñó una serie de actividades que involucran los mismos fenómenos físicos en dos laboratorios con recursos diferentes y bajo dos esquemas de enseñanza, una tradicional y otra enfocada en las representaciones múltiples. El



ISSN: 2448-6574

reconocimiento de los procesos de transformación de representaciones se realizó mediante cuestionarios validados, orientados a identificar en los alumnos los recursos cognitivos y representacionales que utilizan en sus descripciones y explicaciones sobre los fenómenos físicos.

Justificación

El propósito de la investigación está centrado en la construcción de representaciones que los estudiantes pueden llevar a cabo de manera que se pueda determinar no solo su conocimiento conceptual, sino también sus formas de representarlo y de estructurarlo. De esta manera es necesario elaborar cuestionarios que permitan la integración de conocimiento. Por integración de conocimiento se entiende “la habilidad para generar ideas científicamente relevantes y uso de teorías así como de evidencia empírica para conectar ideas en la explicación de fenómenos científicos o justificar proposiciones acerca de un problema científico. Se puede caracterizar el conocimiento integrado como un proceso cognitivo dinámico que puede ser capturado o reconocido en las explicaciones” (Lee, Liu, Linn, 2011, p. 116).

Con base en lo anterior en la literatura se ha generado una controversia en torno a si los cuestionarios deberían ser de opción múltiple o de explicación. Sin embargo, Lee et al (2011) han mostrado que, cuando se pretende conocer el conocimiento integrado de los alumnos, es decir que se pueda conocer la comprensión de los conceptos y su uso en situaciones diversas, sus formas de representación así como el nivel de las explicaciones que logran estructurar, los mejores instrumentos son aquellos en los que se pide a los alumnos explicaciones o “ítems de explicación”. Debido al propósito de este estudio de conocer los cambios representacionales y conceptuales de los estudiantes en ambientes multi-representacionales, lo que implica un proceso de integración conceptual, los cuestionarios se construyen bajo la modalidad de ítems de explicación.

Objetivos

- Construir y validar un cuestionario como instrumento de evaluación que permita obtener datos para conocer las representaciones que los estudiantes de bachillerato construyen sobre el tema de Física.



ISSN: 2448-6574

- Contar con un instrumento que aporte elementos de análisis para conocer la posible mejora en la enseñanza de las ciencias en un entorno multi-representacional.

Metodología

Construcción del instrumento

Con base en los elementos anteriores se construyó un instrumento sobre el tema de las colisiones. Para la construcción se siguieron los siguientes pasos:

- 1 Se desarrolló el cuestionario base (la primera versión) con la finalidad de tener un conjunto de respuestas lo más detalladas y amplias posibles por parte de los alumnos y cubrir el tema.
- 2 El cuestionario base fue aplicado a un conjunto de alumnos de distintos niveles y carreras (bachillerato y licenciatura) sólo con la finalidad de dar cuenta de la inteligibilidad de las preguntas, a partir de lo cual se elaboraron los ajustes necesarios dando origen a una segunda versión.
- 3 La segunda versión fue aplicada a tres expertos en física para analizar inteligibilidad, y plausibilidad de las respuestas así como suficiencia y nivel de las temáticas. De los resultados obtenidos se obtuvo la tercera versión.
- 4 La tercera versión fue aplicada a un conjunto de 10 alumnos del nivel bachillerato, esta aplicación se llevó a cabo con la finalidad de afinar las preguntas en cuanto a suficiencia, inteligibilidad, plausibilidad, tiempo de respuesta y completitud de las respuestas. A partir de ese análisis se construyó la versión final de los cuestionarios, figura 1 (en el anexo se presentan ejemplos del proceso de ajuste del cuestionario).

INSTRUCCIONES: Contesta las siguientes preguntas acerca de las dos situaciones presentadas.

SITUACIÓN 1:

En una autopista, un tráiler y un auto compacto chocan de frente. Afortunadamente, ambos conductores resultan ilesos...

1.1. ¿Cuál de estos dos vehículos sufre más daños? Explica el porqué.

1.2. ¿Cuál de los dos conductores habrá *sentido* más el choque: el del tráiler o el del auto compacto? Explica el porqué.

1.3. ¿El impacto del tráiler sobre el auto compacto es mayor, menor o igual que el impacto del auto sobre el tráiler? Explica el porqué.

1.4. En la siguiente figura correspondiente a esta situación, dibuja la fuerza o las fuerzas presentes en el momento del choque entre ambos vehículos. También, explica qué representa lo que has dibujado.



Figura1. Ejemplo de los ítems en la versión final.

La versión final se aplicó a una muestra de 67 estudiantes con fines de validación, como se describirá a continuación.

Validación del instrumento

El proceso de validación del instrumento tiene, fundamentalmente dos componentes: la validez del instrumento y la confiabilidad del mismo. Ambos criterios son necesarios de cumplir para garantizar que el instrumento mide lo que se espera y que no depende de situaciones específicas de aplicación. A continuación se describe el proceso seguido para cada uno de ambos componentes.



ISSN: 2448-6574

La validez del cuestionario está enfocada en que las preguntas, además de la claridad necesaria, sean las adecuadas para obtener de los alumnos las respuestas esperadas. Para ello se siguieron diversos criterios y pasos.

Estructura de los ítems: Sobre la estructura de las preguntas se tomó como base las características definidas por Haladyna, Downing y Rodríguez (2002) y Lima (2009) que si bien presentan recomendaciones para la construcción de ítems de elección múltiple, muchos de los criterios que proponen pueden ser adaptados para preguntas de integración. De entre los principales elementos considerados se tomaron en cuenta:

- Evitar ítems con truco;
- Utilizar un vocabulario simple;
- Poner la idea central en el texto;
- No usar oraciones en sentido negativo;
- Escribir opciones de manera homogénea en contenido y en estructura gramatical;
- Evitar referirse a preguntas anteriores;
- Escribir preguntas en un contexto cotidiano;

Inteligibilidad de los ítems: Para determinar si las preguntas podían ser comprendidas se llevó a cabo una prueba con estudiantes de diversos niveles (primera versión). Los resultados se analizaron y se modificaron aquellos ítems que de manera clara inducían a los alumnos respuestas alejadas de lo esperado. También se les preguntó sobre la claridad de los enunciados para corroborar las respuestas a los ítems.

Complejidad de los ítems. Para garantizar que los ítems pueden ser respondidos de manera adecuada y que la información que proporcionan es suficiente para dar una respuesta amplia y correcta desde el punto de vista físico, cada cuestionario se aplicó a tres profesionales (segunda versión). Del análisis de sus respuestas se llevaron a cabo ajustes y posteriormente se tomaron como base para la construcción de la rúbrica que sirvió para la asignación de valores como se describirá en la sección de confiabilidad.



ISSN: 2448-6574

Pertinencia de los ítems. Para este rubro, se llevó a cabo la aplicación del cuestionario a estudiantes del nivel educativo del bachillerato al que está destinado. Se aplicó a diez estudiantes que cursan la materia de física en el CCH (tercera versión). Esta aplicación permitió conocer cómo responden los alumnos en función de las respuestas esperadas y hacer los últimos ajustes a los ítems para establecer el cuestionario definitivo o versión final.

Con lo anterior se consideran cubiertos los aspectos principales para garantizar la validez del cuestionario cumpliendo así los requisitos para ello, como es apuntado por Neumann, Neumann y Nehm (2011). La aplicación a los 10 estudiantes del nivel mostró que los ítems eran comprendidos de manera suficiente, que proporcionan las ideas de los alumnos de manera clara para poder analizarlos en términos de lo que se espera tanto en los aspectos de múltiple representacionalidad como de comprensión de los conceptos físicos.

La confiabilidad mide la consistencia de los resultados que se pueden obtener de diversas aplicaciones del cuestionario (AERA, APA y NCME, 2004). Para obtenerla se aplican pruebas estadísticas que nos indican dicha confiabilidad. En este caso se aplicaron dos pruebas: La prueba de consistencia interna para lo cual se utiliza el alfa de Cronbach y la prueba Modelo de Crédito Parcial de Rasch (Lee, Liu y Linn, 2011) que determina la discriminación y que se cumpla el propósito y el alineamiento entre los ítems. Ambas pruebas dan un valor que entre más cercano a 1, mejor la confiabilidad del instrumento o cuestionario.

Para la asignación de los valores a las respuestas de los alumnos y garantizar que esos valores son asignados de manera consistente se construyó una rúbrica y la concordancia de asignación de valor de tres de los investigadores participantes en el proyecto.

Para la elaboración de la rúbrica se siguió la propuesta de Wilson (2005) y que consiste en una escala determinada por los siguientes niveles y características (Tabla 1):

Tabla 1. Criterios para la elaboración de Rúbricas

Niveles de Integración de conocimiento	Valor y características de las respuesta a los ítems
Vínculos complejos	Valor 5 Explicita tres o más conceptos e ideas relevantes y

Vínculos totales	Valor 4	Explicita al menos dos conceptos e ideas relevantes y elabora un vínculo válido entre dos ideas.
Vínculos parciales	Valor 3	Explicita ideas o conceptos relevantes pero no elabora adecuadamente vínculos entre ellos
No hay Vínculos	Valor 2	Explicita ideas no precisas y relacionadas
Irrelevante	Valor 1	Contiene ideas irrelevantes al contexto científico
No hay información	Valor 0	No hay respuesta al ítem

Adaptado de Wilson (2005)

La figura 2 es un ejemplo de la rúbrica para la evaluación de los cuestionarios atendiendo al criterio descrito.

	Información (1pt)	Intensidad (1pt)	Relación (1pt)	Participación (1pt)	Fidelidad (1pt)	Complejidad (1pt)
<p>3. SITUACIÓN: En una categoría, un balón en un campo ubicado de frente. Afortunadamente, ambos conductores resultan ileso.</p> <p>5.</p>						
<p>1.1. ¿Cuál de estos dos vehículos se mueve más rápido? Explica el porqué.</p> <p>6.</p>	no hay información	esta es una que se ve sólo con los ojos pero no se puede medir	no se puede medir la velocidad de los vehículos pero se puede calcular	no se puede medir la velocidad de los vehículos pero se puede calcular	no se puede medir la velocidad de los vehículos pero se puede calcular	no se puede medir la velocidad de los vehículos pero se puede calcular

Figura2. Rúbrica para calificación del cuestionario.

La muestra para este proceso fue de 67 estudiantes de física de último año de bachillerato que son a los que están destinados los instrumentos. La figura 3 muestra un ejemplo del ítem 1.4 del cuestionario contestado por un estudiante.



Figura3. Ejemplo de ítem contestado.

Resultados

Con la rúbrica se evaluaron los cuestionarios construyendo las bases de datos correspondientes. Los datos fueron analizados con el método de consistencia interna (SPSS) y con el Modelo de Crédito Parcial de Rasch (R statistics). Los resultados de la confiabilidad se presentan a continuación (Tabla 2):

Tabla 2. Resultados de pruebas estadísticas de confiabilidad

Confiabilidad	Modelo de Crédito Parcial de Rasch		
	Porcentaje por Nivel	Calibración	Dificultad
0.75	Nivel 1; 9%	± 1 logit	-0.78 a 0.53
	Nivel 2; 20%		
	Nivel 3; 26%		
	Nivel 4; 35%		
	Nivel 5; 10%		

Este modelo se eligió debido a que permite tomar en cuenta los niveles de integración de conocimiento utilizado para la rúbrica y la información sobre los umbrales de las categorías ayuda a mejorar la rúbrica de los reactivos. De acuerdo a estos resultados, más del 50% de los estudiantes de la muestra contestaron en los niveles 3 y 4. El ítem 17 destacó, al alcanzar un 67% de respuestas en el nivel 4.

Conclusiones

A partir del análisis estadístico se pudo determinar la validez y confiabilidad del cuestionario elaborado para el tema de colisiones. Así mismo, los valores obtenidos muestran la posibilidad de equilibrar aún más el nivel de dificultad de los ítems del cuestionario.

Sin embargo, los objetivos planteados si se cumplieron, ya que, el diseño del cuestionario fue adecuado para ser utilizado como instrumento de evaluación de las representaciones que los estudiantes de bachillerato construyen sobre el tema de colisiones, con lo cual se



ISSN: 2448-6574

pueden tener elementos de análisis para conocer la posible mejora en la enseñanza de las ciencias en un entorno multi-representacional.

Referencias bibliográficas

- AERA, APA y NCME (American Educational Research Association, American Psychological Association, National Council on Measurement in Education) (2004). Standards for educational and psychological testing. Washington, DC: AERA.
- Haladyna, T., Downing, S. m. y Rodríguez, M. C. (2002) A review of multiple-choice item-writing guidelines for classroom assessment, *Applied Measurement in Education*, 15(3), 309-333.
- Lee, H-S., Liu, O, L y Linn M. (2011) Validating measurement of knowledge integration in science using multiple-choice and explanation items, *Applied Measurement in Education*, 24(2), 115-136; DOI: 10.1080/08957347.2011.554604.
- Lima C. E (2009). Changes in state of matter: *A study of validity of Texas math and science diagnostic system*. Master Thesis, Texas University, Austin.
- Newmann I., Neuman K. y Nehm R. (2011) Evaluating instrument quality in science education: Rasch-based analyses of a nature of science test, *International Journal of Science Education*, 33(10), 1375 – 1405.
- Wilson, M. (2005) *Constructing measures: An item response modeling approach*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.



ISSN: 2448-6574

ANEXO: Ejemplos del proceso de ajuste de los cuestionarios (Validez)

Versión 1 (28 preguntas en total)

Muestra: Una persona del área de Física.

Intervalo de tiempo en que fue contestado: Una hora aproximadamente.

PARAFRASEO DE LAS RESPUESTAS DE LA MUESTRA

Sujeto:	Situación 1:	Situación 2:
01	<p>-La fuerza de impacto sobre ambos vehículos (el tráiler y el coche) es la misma. En cambio, la aceleración es mayor en el coche por tener menor masa.</p> <p>-Se identifica el empleo de la tercera ley de Newton al decirse que, durante el choque, la fuerza que ejerce el tráiler sobre el coche es igual a la fuerza que éste ejerce sobre aquél.</p> <p>-Cuando el choque sucede entre dos autos compactos iguales, la magnitud de la fuerza de impacto es menor que en el caso anterior, pero sería la misma en ambos vehículos. Además, ambos coches experimentarían la misma aceleración.</p>	<p>-En todo momento, el peso de la pelota es igual. Cuando la pelota bota (cuando choca con el suelo de concreto), la fuerza de impacto hace que cambie su estado de movimiento, y la cual es mayor al peso para que bote en ese instante. Esta fuerza de impacto es igual tanto en la pelota como en el suelo.</p> <p>-Se identifica el empleo de la tercera ley de Newton, al decirse que, durante el impacto, la fuerza que ejerce la pelota sobre el suelo, es igual a la fuerza que éste ejerce sobre aquélla. Se identifica que la pelota acelera tanto en su caída como en su ascenso.</p>

Pruebas de aplicación realizadas a estudiantes de bachillerato.

Muestra: Diez estudiantes del CCH, plantel sur.

Fecha: Martes 18 de agosto 2015.

Intervalo de tiempo en que fue contestado: Una hora aproximadamente.

Justificación de modificación o de replanteamiento de preguntas de la versión 1 a la versión 2



ISSN: 2448-6574

Para la situación 1:

Con base en los resultados obtenidos de este cuestionario aplicado a los estudiantes, se identificó que en la pregunta 1.4 de la primera versión, la mayoría de ellos sólo se limitaban a dibujar ambos vehículos sin dar más detalles. Por ello, tanto en esta pregunta como en la 1.16 de dicha versión, se ponen las imágenes de los vehículos para que los alumnos dibujen las fuerzas que intervienen. A la vez, fue necesario fusionar algunas preguntas debido a su estrecha relación, como por ejemplo la 1.7 con la 1.8; además de modificar la redacción de algunas preguntas, como la 1.9, para mayor comprensión de la misma, aunque respetando la idea original.

Para la situación 2:

Por argumentos análogos a la situación previa, en la pregunta 2.1 se ponen imágenes de los tres momentos considerados en el movimiento de la pelota, para que los estudiantes representen allí las fuerzas que intervienen. Por otro lado, fue necesario fusionar algunas preguntas, como por ejemplo la 2.5 con la 2.6 debido a su estrecha relación; además de modificar la redacción de algunas preguntas, como la 2.10, para mayor comprensión de la misma, aunque respetando la idea original. De este modo, la versión 2 de este instrumento consta de un total de 22 preguntas repartidas en ambas situaciones.