



Developed by: Jennifer Docktor and Ken Heller

Spanish translation by: Nicolás Budini

Format: Rubric

Duration: N/A minutes

Focus: Problem solving (Useful problem description, physics approach, specific application of physics, mathematical procedures, logical progression)

Level: Intro college, High school

How to give the assessment

- The MAPS is not a test that is given to students. It is a rubric used to assess physics problem solutions.
- Read the "Problem Solving Rubric Category Descriptions" (on page 2 of problem-solving rubric) and familiarize yourself with the rubric descriptions.
- Determine the score (0 to 5 points or NA (problem) or NA (solver)) for each individual category using the rubric descriptions, for each problem you are assessing. Use NA (problem) when a given rubric category is not applicable to a given problem. Use NA (solver) when a given rubric category is not applicable for that specific solver (student).
- More training materials, including sample student solutions and a description of scores using the rubric are available [here](#).

How to score the assessment

- The developers of the MAPS do not combine the individual scores into a single score, but instead looking at the frequency of rubric scores for each rubric category across all of your students to get a sense of their strengths and weaknesses around problem solving.
- If you want an overall score, you could combine the scores for each category into an overall score by determining the appropriate weighting based on the categories you consider most important for a particular problem. There is no consensus on how to weight the categories to create an overall score. For example, in one study, the developers weighted the total score as: Description (10%), Approach (30%), Application (30%), Math (10%), Logic (20%). For a different problem where the description was more important, the developers weighted the total score as: Description (20%), Approach (20%), Application (30%), Math (10%), Logic (20%).
- Once someone is familiar with the categories of the rubric, it takes approximately the same amount of time to score a written solution as it would take to use standard grading procedures.

Evaluación para la resolución de problemas de Minnessota (MAPS) Minnessota Assessment of Problem Solving (v4.4)

7 de marzo de 2024

Desarrollado por: Jennifer Docktor y Ken Heller

Traducido por: Nicolás Budini y Leandro M. Sarmiento

Formato: Rúbrica

Duración: N/A

Objetivo: Resolución de problemas (Descripción útil del problema, enfoque físico, aplicación específica de la física, procedimientos matemáticos, progresión lógica)

Nivel: secundario, universitario inicial

Cómo implementar la evaluación

- MAPS no es una evaluación para los estudiantes. Es una rúbrica que se utiliza para evaluar soluciones a problemas de física.
- Se recomienda leer la guía “Descripción de las categorías de la rúbrica de resolución de problemas” (en la página 2 de la rúbrica de resolución de problemas) para estar familiarizado con las descripciones de la rúbrica.
- Determinar el puntaje de 0 a 5 puntos o NA (problema) o NA (estudiante) para cada categoría utilizando las descripciones de la rúbrica para cada problema cuya solución se esté evaluando. Utilizar NA (problema) cuando determinada categoría de la rúbrica no se aplique a cierto problema. Utilizar NA (estudiante) cuando determinada categoría de la rúbrica no se aplique para dicho estudiante específico.
- En [este link](#) se puede encontrar más material de entrenamiento, incluyendo ejemplos de soluciones realizadas por estudiantes con una descripción de los puntajes asignados a partir de la rúbrica.

Cómo puntuar la evaluación

- Los desarrolladores de MAPS no combinan los puntajes individuales en un único puntaje. En cambio, es conveniente observar la frecuencia de los puntajes de la rúbrica para cada categoría considerando todos los estudiantes para tener una idea de sus fortalezas y debilidades en la resolución de problemas.
- Si se desea tener un puntaje global es posible combinar los puntajes de cada categoría en un único puntaje mediante la determinación de factores de peso apropiados basados en las categorías que se consideren más importantes para un problema particular. No hay consenso acerca de cómo pesar las categorías para crear un puntaje global. Por ejemplo, en un estudio los desarrolladores pesaron el puntaje total como: Descripción (10%), Enfoque (30%), Aplicación (30%), Matemáticas (10%), Lógica (20%). Para un problema diferente, en el cual la descripción era más importante, los desarrolladores pesar el puntaje total como: Descripción (20%), Enfoque (20%), Aplicación (30%), Matemáticas (10%), Lógica (20%).
- Una vez que se está familiarizado con las categorías de la rúbrica toma aproximadamente el mismo tiempo puntuar una solución escrita respecto de lo que tomaría utilizar procedimientos estándar de puntuación.

	5	4	3	2	1	0	NA (problema)	NA (estudiante)
DESCRIPCIÓN ÚTIL	La descripción es útil, apropiada y completa	La descripción es útil pero contiene omisiones o errores menores	Algunas partes de la descripción no son útiles, faltan y/o contienen errores	La mayor parte de la descripción no es útil, falta y/o contiene errores	Toda la descripción no es útil, falta y/o contiene errores	La solución no incluye la descripción requerida	Este problema no requiere una descripción (es decir, está dada en el enunciado)	Al estudiante no le es requerida una descripción
ENFOQUE FÍSICO	El enfoque físico es apropiado y completo	El enfoque físico contiene omisiones o errores menores	El enfoque físico omite algunos conceptos y principios y/o es inapropiado	Falta la mayor parte del enfoque físico y/o es inapropiado	Todos los conceptos y principios elegidos son inapropiados	La solución no indica un enfoque, lo cual es requerido por el problema	Un enfoque físico explícito no es necesario para este problema (es decir, está dado en el enunciado)	Un enfoque físico explícito no es requerido para este estudiante
APLICACIÓN ESPECÍFICA DE LA FÍSICA	La aplicación específica de la física es apropiada y completa	La aplicación específica de la física contiene omisiones o errores menores	Algunas partes de la aplicación específica de la física falta y/o contiene errores	La mayor parte de la aplicación específica de la física falta y/o contiene errores	Toda la aplicación específica de la física es inapropiada y/o contiene errores	La solución no indica una aplicación específica de la física, lo cual es requerido por el problema	La aplicación específica de la física no es necesaria en este problema	La aplicación específica de la física no es requerida a este estudiante
PROCEDIMIENTO MATEMÁTICO	Los procedimientos matemáticos son apropiados y completos	Los procedimientos matemáticos son apropiados pero se aplican con omisiones o errores menores	Algunas partes de los procedimientos matemáticos se omiten y/o contienen errores	La mayor parte de los procedimientos matemáticos faltan y/o contienen errores	Todos los procedimientos matemáticos son inapropiados y/o contienen errores	No hay evidencia de procedimientos matemáticos, lo cual es requerido por el problema	Los procedimientos matemáticos no son necesarios en este problema o son muy simples	Los procedimientos matemáticos no son requeridos a este estudiante
PROGRESIÓN LÓGICA	La solución completa al problema es clara, bien enfocada y lógicamente conectada	La solución es clara y está bien enfocada, aunque con inconsistencias menores	Algunas partes de la solución están poco claras, son confusas y/o tienen inconsistencias	La mayor parte de la solución es poco clara, confusa y/o inconsistente	Toda la solución es poco clara, confusa y/o inconsistente	No hay evidencia de una progresión lógica, lo cual es requerido por el problema	No es necesaria una progresión lógica para este problema (es decir, el problema se resuelve en un paso)	No es requerida una progresión lógica a este estudiante

Descripción de las categorías

Descripción útil: evalúa el nivel de un estudiante en cuanto a la organización de la información que provee el enunciado del problema para elaborar una representación apropiada y útil que sintetice la información esencial de manera visual y simbólica. La descripción es considerada *útil* si sirve como guía para llevar a cabo los pasos en el proceso de solución. La descripción de un problema podría incluir reenunciar la información conocida y desconocida, asignar símbolos apropiados a las cantidades, establecer determinada cantidad como meta u objetivo, visualizar la situación (esquema o diagrama), establecer expectativas cualitativas, un diagrama físico abstracto (fuerza, energía, movimiento, momento, rayos, etc.), realizar un gráfico, establecer un sistema de coordenadas y establecer un sistema de referencia.

Enfoque físico: evalúa el nivel de un estudiante en cuanto a la selección del/de los concepto/s y principio/s a utilizar para resolver el problema. En este caso el término *concepto* se define como una idea física general, como el concepto básico de *vector* o conceptos más específicos como el *momento* o la *velocidad media*. El término *principio* se define como una regla física fundamental o ley utilizada para describir objetos y sus interacciones, como la ley de conservación de la energía, la segunda ley de Newton o la ley de Ohm.

Aplicación específica de la física: evalúa el nivel de un estudiante en cuanto a la aplicación de los conceptos y principios físicos en relación al enfoque elegido según las condiciones específicas del problema. Si es necesario, el estudiante ha establecido las ecuaciones específicas para el problema que son consistentes con el enfoque elegido. Una aplicación específica de la física podría incluir un enunciado de definiciones, relaciones entre las cantidades definidas, condiciones iniciales e hipótesis o relaciones de vínculo en el problema (por ejemplo fricción despreciable, resorte sin masa, polea sin masa, cuerda inextensible, etc.).

Procedimiento matemático: evalúa el nivel de un estudiante en lo que respecta a seguir reglas y procedimientos matemáticos de forma apropiada y correcta durante la ejecución de la solución. El término *procedimiento matemático* se refiere a las técnicas que son empleadas para obtener las cantidades que representan el objetivo del problema a partir de ecuaciones específicas de la física, tales como despejes o estrategias de reducción algebraica, sustitución, utilización de la fórmula cuadrática, operaciones matriciales, etc. El término *reglas matemáticas* refiere a las convenciones provenientes de las matemáticas, como el uso apropiado de los paréntesis, raíces cuadradas e identidades trigonométricas. Por ejemplo, el hecho de que el instructor o el investigador que utilice esta rúbrica espere una respuesta simbólica del estudiante, previa a la resolución numérica de determinado problema, puede considerarse como un *procedimiento matemático apropiado*.

Progresión lógica: evalúa el nivel de un estudiante en lo que refiere a su capacidad de comunicar su razonamiento, manteniéndose enfocado en un objetivo o meta, y evaluando la consistencia de la solución encontrada (implícita o explícitamente). Es decir, evalúa si la solución alcanzada al resolver el problema completo es clara, está bien enfocada y organizada lógicamente. El término *lógico* significa que la solución es coherente (es decir, que la secuencia de pasos para llegar a la solución y que el razonamiento del estudiante pueden ser inferidos a partir de lo que está escrito), consistente internamente (es decir, que sus partes no se contradicen) y consistente externamente (es decir, que está de acuerdo con las expectativas físicas).

Evaluación para la resolución de problemas de Minnessota (MAPS)

7 de marzo de 2024

Índice

1. Implementación	1
1.1. Propósito de MAPS	1
1.2. Nivel del curso: ¿Para qué tipos de cursos es apropiado?	1
1.3. Contenido: ¿Qué evalúa?	1
1.4. Tiempo: ¿Cuánto tiempo dar a los estudiantes para realizarlo?	2
1.5. Preguntas de ejemplo	2
1.6. Acceso: ¿Dónde obtener la evaluación?	2
1.7. Versiones y variantes: ¿Qué versión de la evaluación utilizar?	2
1.8. Administración: ¿Cómo administrar la evaluación?	2
1.9. Puntuación: ¿Cómo calcular el puntaje de los estudiantes?	2
1.9.1. Agrupaciones: ¿Incluye la evaluación agrupaciones de preguntas por tema?	2
1.10. Resultados típicos: ¿Qué puntajes se obtienen habitualmente?	2
1.11. Interpretación: ¿Cómo interpretar el puntaje de los estudiantes a la luz de los puntajes típicos?	3
2. Recursos	3
2.1. ¿Dónde aprender más acerca de esta evaluación?	3
3. Antecedentes	3
3.1. Evaluaciones similares	3
3.2. Investigación: ¿Qué investigaciones se han realizado para crear y validar la evaluación?	4
3.2.1. Validación de la investigación: Bronce	4
3.2.2. Resumen de la investigación	4
3.3. Desarrollador: ¿Quién desarrolló esta evaluación?	4

Desarrollado por: Jennifer Docktor y Ken Heller

Traducido por: Nicolás Budini y Leandro M. Sarmiento

Formato: Rúbrica

Duración: N/A

Objetivo: Resolución de problemas (Descripción útil del problema, enfoque físico, aplicación específica de la física, procedimientos matemáticos, progresión lógica)

Nivel: secundario, universitario inicial

1. Implementación

1.1. Propósito de MAPS

Evaluar soluciones escritas a problemas dados en cursos de física introductorios.

1.2. Nivel del curso: ¿Para qué tipos de cursos es apropiado?

Escuela media y universitario inicial.

1.3. Contenido: ¿Qué evalúa?

Resolución de problemas (descripción útil del problema, enfoque físico, aplicación específica de la física, procedimiento matemático, progresión lógica).

1.4. Tiempo: ¿Cuánto tiempo dar a los estudiantes para realizarlo?

No relevante.

1.5. Preguntas de ejemplo

Rúbrica de Ref. [1].

1.6. Acceso: ¿Dónde obtener la evaluación?

Descargar la evaluación desde physport, en www.physport.org/assessments/MAPS.

1.7. Versiones y variantes: ¿Qué versión de la evaluación utilizar?

La última versión de MAPS, versión 4.4, fue publicada en 2008.

1.8. Administración: ¿Cómo administrar la evaluación?

- MAPS no es una evaluación para los estudiantes. Es una rúbrica que se utiliza para evaluar soluciones a problemas de física.
- Se recomienda leer la guía “Descripción de las categorías de la rúbrica de resolución de problemas” (en la página 2 de la rúbrica de resolución de problemas) para estar familiarizado con las descripciones de la rúbrica.
- Determinar el puntaje de 0 a 5 puntos o NA (problema) o NA (estudiante) para cada categoría utilizando las descripciones de la rúbrica para cada problema cuya solución se esté evaluando. Utilizar NA (problema) cuando determinada categoría de la rúbrica no se aplique a cierto problema. Utilizar NA (estudiante) cuando determinada categoría de la rúbrica no se aplique para dicho estudiante específico.
- En [este link](#) se puede encontrar más material de entrenamiento, incluyendo ejemplos de soluciones realizadas por estudiantes con una descripción de los puntajes asignados a partir de la rúbrica.

1.9. Puntuación: ¿Cómo calcular el puntaje de los estudiantes?

- Los desarrolladores de MAPS no combinan los puntajes individuales en un único puntaje. En cambio, es conveniente observar la frecuencia de los puntajes de la rúbrica para cada categoría considerando todos los estudiantes para tener una idea de sus fortalezas y debilidades en la resolución de problemas.
- Si se desea tener un puntaje global es posible combinar los puntajes de cada categoría en un único puntaje mediante la determinación de factores de peso apropiados basados en las categorías que se consideren más importantes para un problema particular. No hay consenso acerca de cómo pesar las categorías para crear un puntaje global. Por ejemplo, en un estudio los desarrolladores pesaron el puntaje total como: Descripción (10 %), Enfoque (30 %), Aplicación (30 %), Matemáticas (10 %), Lógica (20 %). Para un problema diferente, en el cual la descripción era más importante, los desarrolladores pesar el puntaje total como: Descripción (20 %), Enfoque (20 %), Aplicación (30 %), Matemáticas (10 %), Lógica (20 %).
- Una vez que se está familiarizado con las categorías de la rúbrica toma aproximadamente el mismo tiempo puntuar una solución escrita respecto de lo que tomaría utilizar procedimientos estándar de puntuación.

1.9.1. Agrupaciones: ¿Incluye la evaluación agrupaciones de preguntas por tema?

La rúbrica evalúa las categorías Descripción Útil, Enfoque Físico, Aplicación específica de la física, Procedimientos matemáticos y Progresión Lógica general para una solución escrita a un problema de física.

1.10. Resultados típicos: ¿Qué puntajes se obtienen habitualmente?

Dado que MAPS es una rúbrica utilizada para puntuar soluciones a problemas de física no existen puntajes típicos para la misma. A continuación se presenta un ejemplo de cómo se ven los puntajes de esta evaluación (Tabla 24) para un problema de física específico (Test 1 Problema 2) para un grupo específico de estudiantes, según se reporta en [2].

Table 24: Average Rubric Scores and Problem Grades for Test 1 Problem 2

	Averages Section 1 (N=48)	Averages Section 2 (N=110)
Useful Description	49±4%	54±3%
Physics Approach	64±5%	73±3%
Specific Application	58±4%	62±3%
Math Procedures	78±4%	80±3%
Logical Progression	61±4%	71±3%
Rubric Score	65±4%	70±2%
Problem Grade	54±4%	67±3%

Test 1 Problem 2:

A punter kicks a football during a critical football game. The ball leaves his foot at ground level with velocity 20.0 m/s at an angle 40° to the horizontal. At the very top of its flight, the ball hits a pigeon. The ball and the pigeon each stop immediately and both fall vertically straight to the ground from the point of collision.

- (a) With what speed is the ball moving when it hits the pigeon? [10 points]
- (b) How high was the ball when it hit the pigeon? [10 points]
- (c) What is the speed of the ball when it hits the ground? [5 points]

1.11. Interpretación: ¿Cómo interpretar el puntaje de los estudiantes a la luz de los puntajes típicos?

La rúbrica MAPS es diferente de la calificación tradicional en cuanto a que no se suele calcular un puntaje global. En cambio, es posible observar la frecuencia de los puntajes de la rúbrica en cada categoría sobre el conjunto de estudiantes para tener una idea de sus fortalezas y debilidades en la resolución de problemas. Por ejemplo, si varios estudiantes reciben un 1 o un 2 en la categoría *Aplicación Específica de la Física* pero reciben puntajes relativamente altos de 4 o 5 en las categorías *Enfoque Físico* y *Procedimientos Matemáticos*, se puede concluir que aunque dichos estudiantes pudieron reconocer los principios físicos necesarios para resolver un problema y tenían el nivel matemático para hacerlo, no fueron capaces de aplicar esos principios correctamente a la situación específica.

Es posible usar la rúbrica MAPS para seguir la progresión del nivel de los estudiantes a lo largo del tiempo (ya sea en formato pre/post o en múltiples muestreos a lo largo del cursado). No se recomienda comparar poblaciones de estudiantes de diferentes instructores a menos que se utilicen varios evaluadores y que se haya establecido la confiabilidad entre evaluadores.

2. Recursos

2.1. ¿Dónde aprender más acerca de esta evaluación?

J. Docktor, J. Dornfeld, E. Frodermann, K. Heller, L. Hsu, K. Jackson, A. Mason, Q. Ryan, and J. Yang, [Assessing student written problem solutions: A problem-solving rubric with application to introductory physics](#), Phys. Rev. Phys. Educ. Res. **12** (1), 010130 (2016).

El [sitio web](#) de los desarrolladores contiene más información acerca de la rúbrica MAPS y de material de entrenamiento para aprender a usar la rúbrica para propósitos generales o de investigación. El [material de entrenamiento](#) provee ejemplos sobre cómo aplicar la rúbrica a soluciones reales a problemas elaboradas por estudiantes.

3. Antecedentes

3.1. Evaluaciones similares

Esta rúbrica está basada en investigaciones sobre la resolución de problemas llevadas a cabo en la Universidad de Minnesota a lo largo de muchos años; ver Ref. [3] y las disertaciones de Jennifer Blue (1997) [4] y Tom Foster (2000) [5]. Aunque hay muchas similitudes entre las evaluaciones de los procesos de resolución de problemas en dichos estudios, esta rúbrica es diferente en cuanto a que fue extensivamente estudiada en cuanto a evidencias de su validez, confiabilidad y utilidad. Fue diseñada para que sea aplicable a un amplio rango de tipos de problemas y temas de física. Hull *et. al* (2013) [6] encontraron que MAPS y

versiones anteriores de rúbricas en las que se basa MAPS (descriptas en las referencias) son las únicas rúbricas de “solución completa” para problemas de física (es decir, es una rúbrica que analiza la solución completa al problema en lugar de solo uno o unos pocos aspectos de la misma).

3.2. Investigación: ¿Qué investigaciones se han realizado para crear y validar la evaluación?

3.2.1. Validación de la investigación: Bronce

Este es el tercer mayor nivel de validación, que corresponde a al menos tres de las siguientes categorías de validación:

- Basada en investigaciones sobre teoría y/o datos relevantes
- Estudiada utilizando un uso iterativo de la rúbrica
- Estudiada utilizando fiabilidad entre evaluadores
- Estudiada utilizando revisión de expertos
- Investigación desarrollada en múltiples instituciones
- Investigación desarrollada por múltiples grupos de investigación
- Publicación con evaluación de pares

3.2.2. Resumen de la investigación

La rúbrica MAPS se basa en la investigación acerca de la resolución de problemas por estudiantes en la Universidad de Minnesota a lo largo de muchos años. Se construye sobre trabajos anteriores, intentando simplificar la rúbrica y agregar mayor cantidad de tests de validación, fiabilidad y utilidad. Los cinco procesos involucrados en la resolución de problemas que cubre la rúbrica son consistentes con investigaciones previas en resolución de problemas de física [2]. La validez, fiabilidad y utilidad de los puntajes de la rúbrica fueron estudiados de varias maneras. Revisores expertos utilizaron la rúbrica para entender cómo los puntajes de la misma reflejan el proceso de los estudiantes, la generalizabilidad de la rúbrica y también la concordancia entre distintos evaluadores. Estudios subsecuentes han indagado acerca de la relevancia del contenido de la rúbrica y su representatividad, cómo el material de entrenamiento influye en la concordancia entre evaluadores y la fiabilidad y utilidad de la rúbrica. Con base en estos estudios, tanto la rúbrica como el material de entrenamiento han sido modificados. La rúbrica también fue estudiada mediante entrevistas a estudiantes. En general, la validez, fiabilidad y utilidad de la rúbrica fueron demostradas con estos estudios. Las investigaciones sobre la rúbrica MAPS han sido publicadas en una disertación y una publicación con evaluación de pares.

3.3. Desarrollador: ¿Quién desarrolló esta evaluación?

Jennifer Docktor y Ken Heller.

Referencias

- [1] Jennifer L. Docktor, Jay Dornfeld, Evan Frodermann, Kenneth Heller, Leonardo Hsu, Koblar Alan Jackson, Andrew Mason, Qing X. Ryan, and Jie Yang. Assessing student written problem solutions: A problem-solving rubric with application to introductory physics. *Phys. Rev. Phys. Educ. Res.*, 12:010130, May 2016.
- [2] Jennifer Docktor. *Development and Validation of a Physics Problem-Solving Assessment Rubric*. Dissertation, University of Minnesota, September 2009.
- [3] Patricia Heller, Ronald Keith, and Scott Anderson. Teaching problem solving through cooperative grouping. Part 1: Group versus individual problem solving. *American Journal of Physics*, 60(7):627–636, 07 1992.
- [4] Jennifer Blue. *Sex differences in physics learning and evaluations in an introductory course*. Ph.d., University of Minnesota, August 1997.
- [5] Thomas Michael Foster. *The development of students' problem-solving skill from instruction emphasizing qualitative problem-solving*. University of Minnesota, 2000.
- [6] Michael M. Hull, Eric Kuo, Ayush Gupta, and Andrew Elby. Problem-solving rubrics revisited: Attending to the blending of informal conceptual and formal mathematical reasoning. *Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res.*, 9:010105, Feb 2013.