

Análisis de las conexiones de un problema de cinemática mediante el Mapa Híbrido

Analysis of the Connections in a Kinematics Problem Using the Hybrid Map

Nehemías Moreno Martínez¹ ✉ , Rita Guadalupe Angulo Villanueva¹ 

¹ Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de San Luis Potosí; San Luis Potosí, México

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo describir y justificar, mediante una representación gráfica basada en el Mapa Híbrido (MH) interpretado desde una adaptación del Enfoque Ontosemiótico (EOS) a la física escolar, las conexiones que se establecen en la resolución de un problema de cinemática. Se realizó un estudio de caso cualitativo: se recolectó la producción oral y escrita de un docente (pensamiento en voz alta), se elaboró una transcripción integrada y se organizó la información en prácticas y objetos para construir el MH. El análisis del mapa permitió identificar conexiones intra-práctica e inter-práctica, explicitando vínculos entre referencia y signos, ecuaciones de movimiento, condiciones de evento e interpretación de resultados. El estudio se limita a un participante y una tarea; no obstante, aporta implicaciones metodológicas para investigar conexiones en física escolar y apoyar la reflexión docente. Se concluye que el MH es adecuado para hacer visibles, de forma sistemática, las conexiones que sostienen la coherencia de la solución, aunque su aplicación exige criterios claros de segmentación y puede ser laboriosa en producciones extensas.

PALABRAS CLAVE: Mapa Híbrido; conexiones; física escolar; resolución de problemas; cinemática.

ABSTRACT

This study aims to describe and justify, through a graphical representation based on the Hybrid Map (HM) and interpreted from an Onto-semiotic Approach (OSA) adaptation to school physics, the connections established while solving a kinematics problem. A qualitative case study was conducted: a teacher's oral and written production was collected through a think-aloud protocol, an integrated transcript was produced, and the information was organized into practices and objects to construct the HM. The map analysis identified within-practice and across-practice connections, making explicit links among reference choice and sign conventions, motion equations, event conditions, and the interpretation of results. The study is limited to one participant and one task; nevertheless, it offers methodological implications for investigating connections in school physics and for supporting teacher reflection. It is concluded that the HM is an appropriate tool to make visible, in a systematic way, the connections that sustain the physical coherence of the solution, although its application requires explicit segmentation criteria and may be time-consuming for extensive productions.

KEYWORDS: Hybrid Map; connections; school physics; problem solving; kinematics.

Correspondencia:

DESTINATARIO: Nehemías Moreno Martínez
INSTITUCIÓN: Universidad Autónoma de San Luis Potosí /
Facultad de Ciencias
DIRECCIÓN: Av. Chapultepec núm. 1570, Priv. del Pedregal,
C. P. 78295, San Luis Potosí, S.L.P., México
CORREO ELECTRÓNICO: nehemias.moreno@uaslp.mx

Fecha de recepción: 24 de marzo de 2026. **Fecha de aceptación:** 29 de agosto de 2026. **Fecha de publicación:** 21 de septiembre de 2026.



I. INTRODUCCIÓN

Las conexiones matemáticas se han consolidado como un foco vigente en Matemática Educativa porque cumplen un rol estructural en la comprensión: contribuyen a articular conceptos, a concebir las matemáticas como un campo integrado (no fragmentado), a transferir ideas a contextos no matemáticos, y a sostener procesos de resolución de problemas y habilidades como comunicación, razonamiento y argumentación [1], [2], [3], [4], [5], [6].

En este marco, una distinción recurrente separa conexiones extra-matemáticas (entre matemáticas y otras áreas o situaciones cotidianas) e intra-matemáticas (dentro del propio sistema matemático) y, desde esta perspectiva, se ha defendido que “comprender” una idea matemática implica construir redes de relaciones internas y externas, es decir, conexiones fuertes y numerosas con conocimiento previo ya disponible [7]. En otras palabras, la comprensión se asocia con la densidad y coherencia de la red de relaciones que el sujeto logra establecer y movilizar al resolver tareas.

Respecto de las tendencias sobre cómo se entienden y estudian las conexiones, una línea ampliamente utilizada, denominada Teoría de Conexiones Matemáticas, privilegia su identificación como relaciones observables en el trabajo del estudiante o del docente; en consecuencia, desarrolla tipologías, tareas e instrumentos para describirlas en distintos contenidos (por ejemplo, funciones, ecuaciones y formación docente) [1], [2], [3], [4], [5], [6], [8].

Una segunda tendencia articula ese enfoque con marcos teóricos de mayor alcance, como el Enfoque Ontosemiótico (EOS) [9] proveniente del campo de la Matemática Educativa, proponiendo que las conexiones pueden analizarse dentro de una red teórica y que, además, una conexión puede interpretarse como verdadera o no según el plano (institucional/personal) desde el cual se evalúe. En trabajos recientes, esta reconceptualización ha impulsado metáforas (p. ej., el iceberg) y discusiones sobre la naturaleza y el papel de las conexiones en la enseñanza y el aprendizaje [10], [11]. En conjunto, estas tendencias han consolidado un vocabulario analítico y criterios de descripción que permiten discutir qué conexiones se establecen, cómo se estabilizan y qué función cumplen en la comprensión.

Cuando el foco se desplaza al contexto de la física escolar, la noción de conexión rara vez se formula como un ob-

jeto explícito de investigación, particularmente cuando se trata de conexiones entre objetos físicos (fenómeno, idealizaciones, propiedades) y objetos fisicomatemáticos (representaciones, conceptos y procedimientos) que se activan y reorganizan en la resolución de problemas. El vacío no es únicamente temático, sino también representacional: aunque en el aula se ponen en juego múltiples vínculos entre objetos a lo largo de un sistema de prácticas, esos vínculos suelen permanecer implícitos o dispersos en la producción oral y escrita del resolutor, lo que dificulta comunicar con precisión cómo se organiza el razonamiento y qué conexiones sostienen —o debilitan— la coherencia física de la solución.

En este trabajo se retoma el carácter relacional de la actividad matemática y la distinción expresión–contenido como un soporte conceptual para abordar este problema, en la medida en que permite analizar cómo se enlazan formas expresivas (símbolos, enunciados, gráficas, ecuaciones, diagramas) con contenidos que, en física escolar, combinan significados físicos y fisicomatemáticos [12].

Esta perspectiva resulta especialmente útil porque conduce a tratar las conexiones como relaciones de significado que pueden rastrearse en el curso de las prácticas y, por tanto, hacerse visibles mediante una representación adecuada [12]. En este escenario, la pregunta que orienta el presente estudio es: ¿cómo pueden describirse y hacerse visibles, de manera gráfica y sistemática, las conexiones que se establecen entre objetos físicos y objetos fisicomatemáticos durante la resolución de un problema de cinemática en física escolar, y en qué sentido la técnica del Mapa Híbrido (MH), interpretada desde una adaptación del EOS, constituye una herramienta adecuada para representarlas?

En este trabajo se asume, por tanto, que la problemática central no es determinar “si existen” conexiones, sino cómo describirlas y hacerlas visibles de forma sistemática. Para ello, se aborda el problema de investigación de la descripción gráfica de las conexiones mediante la técnica del Mapa Híbrido (MH), interpretado desde una adaptación del Enfoque Ontosemiótico (EOS) a la física escolar. En trabajos previos se ha mostrado que, bajo esta interpretación, el MH permite analizar la actividad fisicomatemática involucrada en la resolución de un problema y, de manera específica, analizar gráficamente la organización y conexión de los objetos fisicomatemáticos que emergen y se articulan durante

la resolución ^[13]. Esto fundamenta la idea de que el MH no solo ordena información, sino que opera como un dispositivo de representación que puede hacer observables conexiones con significado disciplinar, al vincular objetos, argumentos y procedimientos en el curso temporal de las prácticas.

De manera complementaria, se ha explicitado un procedimiento de construcción del MH en el que las conexiones se entienden como “enlaces establecidos entre objetos” —entre objetos distintos o un mismo objeto en otra faceta/momento— y se subraya que tales conexiones representan relaciones establecidas implícitamente por el resolutor, pero recuperables a partir de su producción y del análisis del sistema de prácticas ^[14]. En coherencia con lo anterior, el objetivo de investigación es describir y justificar, mediante una representación gráfica basada en el MH y su interpretación desde la adaptación del EOS a la física escolar, las conexiones que se establecen en la resolución de un problema de cinemática, mostrando en qué sentido la técnica del MH constituye una herramienta adecuada para hacer visibles dichas conexiones y discutir su papel en la coherencia física de la solución ^{[13], [14]}.

1.1. ADAPTACIÓN DEL EOS A LA FÍSICA ESCOLAR

En la adaptación del Enfoque Ontosemiótico (EOS) a la física escolar, la resolución de problemas se conceptualiza como la realización de prácticas articuladas en un sistema de prácticas. En particular, una práctica se entiende como “toda actuación realizada por el sujeto al resolver el problema”, y el sistema de prácticas resulta de la coordinación de prácticas que, en conjunto, permiten resolver la situación fisicomatemática problematizada ^[14]. En este tránsito, la actividad produce objetos emergentes que evidencian construcción de conocimiento: ciertos objetos empleados en una práctica pueden ser reutilizados, reconfigurados y conectados en prácticas posteriores del mismo sistema ^[14].

Esta aproximación precisa, además, una tipología de objetos propia del dominio físico-escolar. En la resolución de problemas de física intervienen y emergen objetos físicos y objetos físico-matemáticos. Los primeros se entienden como abstracciones o idealizaciones vinculadas con la experiencia o con resultados experimentales (por ejemplo, “móvil”, “trayectoria”, “rozamiento despreciable”, “caída libre”) ^[14]. Los segundos se constituyen cuando esos objetos físicos se relacionan o se vinculan

con objetos matemáticos —por ejemplo, magnitudes y variables, sistemas de unidades, relaciones funcionales, ecuaciones, gráficas, operadores algebraicos y procedimientos de cálculo— de modo que la situación física pueda representarse, cuantificarse y operarse dentro del discurso escolar (por ejemplo, posición, velocidad, aceleración o fuerza) ^[14].

En este marco, la adaptación extiende el constructo de función semiótica: mientras que en el EOS su formulación se usa para describir relaciones de significación entre objetos matemáticos, aquí se amplía para dar cuenta de relaciones expresión–contenido en las que intervienen objetos con ontologías distintas (físicas y físico-matemáticas). Con ello, la función semiótica permite describir cómo se establecen y transforman vínculos de significado entre expresiones (símbolos, enunciados, diagramas, ecuaciones) y contenidos físicos o físico-matemáticos a lo largo del sistema de prácticas, haciendo analizable la construcción, particularización y reutilización de dichos objetos durante la resolución ^[14].

Sobre esta base, en este trabajo se propone definir formalmente las conexiones entre objetos físicos y objetos físico-matemáticos mediante el constructo de función semiótica, cuya aplicación se amplía en la adaptación: si en el EOS se emplea para describir relaciones de significación entre objetos matemáticos de naturaleza abstracta, aquí se extiende para describir relaciones de significado que involucran objetos físicos y objetos físico-matemáticos cuyo sentido se ancla en una raíz ontológica material (fenómenos, idealizaciones, propiedades del sistema y magnitudes asociadas).

La justificación se apoya en un principio del EOS: la actividad matemática se caracteriza por ser esencialmente relacional, de modo que los objetos no se conciben como entidades aisladas, sino “puestas en relación unas con otras”, y la distinción expresión–contenido permite “tener en cuenta el carácter esencialmente relacional de la actividad matemática” ^[12].

En consecuencia, aquí se define una conexión como una relación sistemática expresión–contenido que, en el curso de una práctica dentro de un sistema de prácticas, vincula expresiones ostensivas (términos, símbolos, gráficas, ecuaciones, diagramas, enunciados) con contenidos no ostensivos de naturaleza física o físico-matemática (magnitudes, estados, modelos, conceptos, propiedades, procedimientos y argumentos). Bajo esta

definición, las conexiones no se entienden como “puentes” directos entre abstracciones, sino como relaciones de significación que se establecen y se encadenan a través de las expresiones disponibles en la actividad; por ello, son analizables al tipificarlas por el plano del contenido (por ejemplo, conceptual, proposicional, actuativo o argumentativo). Esta tipificación permite describir con mayor precisión cómo se organizan los significados que sostienen, o ponen en tensión, la coherencia física de una solución ^[12].

En lo que sigue, se asume que la relación expresión–contenido opera como criterio operacional para describir y clasificar las conexiones identificadas. Desde una perspectiva unitaria, una conexión se entiende como una función semiótica, en tanto establece una relación expresión–contenido entre dos objetos, de modo que tanto la expresión como el contenido pueden corresponder a objetos físicos o a objetos fisicomatemáticos, según la práctica y el momento del sistema de prácticas.

Desde una perspectiva sistémica, el sistema de prácticas puede concebirse como una trama de funciones semióticas articuladas, cuyo entrelazamiento estructura el avance de la resolución; esta organización se hace particularmente visible en el MH, que se presenta ante los ojos como un tejido o red en el que las conexiones (funciones semióticas) se enlazan intra-práctica e inter-práctica. En consecuencia, la tipología de funciones semióticas se adopta aquí como la tipología de conexiones del sistema de prácticas.

Finalmente, la adaptación incorpora no solo los procesos cognitivos considerados por el EOS sino que también se apoya en procesos necesarios para capturar rasgos específicos de la física escolar cuando los problemas se presentan textualmente. En particular, se explicita la comprensión lectora como proceso que activa operaciones de inferencia, memoria y metacognición, las cuales intervienen en la interpretación de la situación, en el acceso a expresiones fisicomatemáticas pertinentes y en la regulación del curso de la resolución ^[13].

En el análisis de sistemas de prácticas también se documenta este papel de la comprensión lectora y el acceso a memoria en prácticas concretas, donde el resolutor infiere el tipo de fenómeno y recupera expresiones generales para luego particularizarlas y materializarlas ^[14].

1.2. EL MH Y SU INTERPRETACIÓN DESDE LA ADAPTACIÓN DEL EOS A LA FÍSICA

El Mapa Híbrido (MH) es una técnica de representación que integra el Mapa Conceptual (MC) y el Diagrama de Flujo (DF). Del MC retoma la posibilidad de explicitar la organización conceptual implicada en la resolución (conceptos y relaciones que estructuran el significado), mientras que del DF incorpora la representación de la secuencialidad operativa (etapas, encadenamientos de acciones y progresión temporal del procedimiento) ^[13], ^[14]. En este sentido, el MH opera como una representación pública del sistema de prácticas: mediante recursos gráficos y simbólicos, hace observable una actividad en la que intervienen objetos no ostensivos —conceptos, propiedades, procedimientos y argumentos— que, de otro modo, quedarían dispersos o implícitos en la producción del resolutor.

Para facilitar su lectura, el MH suele incluir etiquetas para las prácticas (por ejemplo, A, B, C, D; T1, T2, T3; o I, II, III) y, dentro de cada práctica, los objetos se identifican con etiquetas numéricas. Así, un objeto se localiza combinando la etiqueta de la práctica con el número asignado (por ejemplo, A12). Cuando se desea hacer referencia a proposiciones tales como argumentos o propiedades, puede emplearse una notación concatenada (A1–A2–A3–A5) o agrupada (A(1–2–3–4–5)). Las conexiones se representan textualmente al conectar objetos mediante segmentos (p. ej.: A12–B6, A(1-2-3-4)–C(17-18)) y gráficamente se representan como vínculos dirigidos mediante líneas segmentadas con flecha que enlazan objetos dentro de una práctica o entre prácticas distintas; la direccionalidad indica qué objeto funciona como antecedente o recurso y cuál opera como consecuente, resultado o soporte en el desarrollo del sistema. De este modo, el MH no solo organiza los objetos por prácticas, sino que hace visibles relaciones de uso, dependencia y encadenamiento a lo largo de la resolución ^[13], ^[14].

Interpretado desde la adaptación del EOS a la física escolar, el MH se concibe como una representación esquemática del sistema de prácticas que un sujeto despliega al resolver un problema físico. Esta lectura no reduce la resolución a una secuencia de cálculos, sino que la reconstruye como la articulación de prácticas orientadas a subproblemas, donde en cada una se movilizan y emergen objetos físicos y fisicomatemáticos que pueden reutilizarse o resignificarse en prácticas posteriores ^[13]. En consecuencia, el MH permite describir la organiza-

ción global de la actividad y discutir cómo se estabiliza, o se compromete, la coherencia física de la solución.

En coherencia con la definición anterior, estas conexiones se interpretan analíticamente como relaciones expresión–contenido (funciones semióticas); por ello, el ‘enlace’ entre objetos se entiende aquí como una relación sistemática en la que un objeto funciona como expresión y otro como contenido, pudiendo ambos corresponder a objetos físicos o fisicomatemáticos.

En este marco, una conexión se entiende, por tanto, como el enlace establecido entre objetos dentro de una práctica o entre prácticas del sistema: una relación que el resolutor construye, de manera explícita o implícita, al interpretar el fenómeno, idealizarlo, seleccionar propiedades relevantes, activar conceptos y procedimientos, y coordinar representaciones para justificar resultados [13], [14]. Esta noción subraya que, en física escolar, las conexiones articulan objetos físicos (fenómeno, idealizaciones, condiciones y propiedades) con objetos fisicomatemáticos (representaciones, conceptos, procedimientos y argumentos) que permiten modelar y validar en el contexto escolar [14]. Por ello, las conexiones pueden analizarse por su función en la práctica y por su coherencia con criterios disciplinares, distinguiendo lo que el sujeto relaciona (nivel personal) de lo que resulta institucionalmente validable (nivel epistémico) [13], [14].

En el MH, dichas conexiones se hacen visibles como trazos que enlazan objetos y prácticas: se representan mediante segmentos o flechas (con o sin frases de enlace) que conectan recuadros u objetos ostensivos, mostrando relaciones intra-práctica e inter-práctica. En particular, el procedimiento de construcción del MH incluye explícitamente el establecimiento de conexiones entre objetos, entendidas como relaciones que pueden estar implícitas en la producción del resolutor y que el análisis hace observables en el mapa [14]. Así, el MH permite identificar qué objetos se conectan, en qué momentos del sistema de prácticas se conectan y cómo esas conexiones sostienen, o tensionan, la coherencia física de la solución.

II. METODOLOGÍA

Se adoptó una metodología cualitativa, adecuada cuando el interés es comprender cómo un sujeto construye, justifica y valida sus razonamientos durante la resolución de un problema de mecánica, más que estimar frecuencias poblacionales o probar relaciones causales.

El diseño se planteó como estudio de caso porque el “caso” se define por la resolución individual (oral y escrita) de un mismo problema; es descriptivo en la medida en que reconstruye secuencialmente el sistema de prácticas desplegado y documenta la producción resultante; e interpretativo porque dicha producción se categoriza mediante un modelo analítico para caracterizar su coherencia semiótica y disciplinar.

Además, el estudio se asume como exploratorio, en el sentido de que pretende abrir y delimitar un campo de descripción (las conexiones y su representación gráfica en física escolar) a partir de un caso único; y como no participativo, dado que el investigador no interviene en la resolución ni guía el procedimiento, sino que registra la producción del participante bajo un protocolo estandarizado de verbalización.

2.1. SUJETO PARTICIPANTE EN EL ESTUDIO

El sujeto de estudio es un Profesor A (caso único), docente universitario con licenciatura y maestría en Física, doctorado en Ciencias de Materiales y nueve años de experiencia impartiendo mecánica. En este artículo, su producción se considera un referente pertinente para describir una resolución con rasgos expertos y para analizar cómo se organizan y validan decisiones de modelado y formalización en un problema de cinemática.

2.2. DISEÑO DEL PROBLEMA

Se planteó al participante un problema de movimiento vertical con aceleración constante en el que un globo asciende con velocidad constante (12.4 m/s) y se encuentra a 81.3 m sobre el suelo cuando se suelta un bulto; se solicita determinar (a) la velocidad con la que el bulto impacta el suelo y (b) el tiempo que tarda en llegar al suelo.

El problema, típico de movimiento vertical uniformemente acelerado con condiciones iniciales no nulas para el bulto (velocidad inicial hacia arriba y posición inicial respecto al suelo), fue seleccionado porque permite discutir explícitamente la elección del sistema de referencia, el signo de magnitudes vectoriales y la relación entre velocidad, aceleración y desplazamiento, aspectos centrales para caracterizar la coherencia disciplinar del razonamiento del participante.

2.3. TRATAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN DEL PARTICIPANTE

La producción del Profesor A se recolectó mediante un protocolo de pensamiento en voz alta: se le solicitó resolver el problema verbalizando su razonamiento mientras, de manera simultánea, registraba por escrito los pasos, expresiones y resultados de su procedimiento. Con base en estos dos registros (oral y escrito), se elaboró una transcripción integrada, cuyo propósito fue articular en una sola unidad de análisis lo dicho y lo escrito por el participante, de modo que fuera posible reconstruir con precisión la secuencia de decisiones, justificaciones y operaciones desplegadas durante la resolución. A partir de esa transcripción integrada, se identificaron y segmentaron unidades analíticas (enunciados, acciones y transiciones) para describir el desarrollo del proceso de solución.

A continuación, y siguiendo una secuencia de tratamiento orientada a la representación gráfica, la información contenida en la transcripción se organizó en prácticas (acciones principales) y, para cada práctica, se identificaron los objetos movilizados o emergentes (lenguaje, conceptos, propiedades, procedimientos y argumentos).

En el presente trabajo, la categoría lenguaje se asume como un recurso transversal de expresión/representación de los objetos y, para evitar redundancias con las demás categorías, no se codificó como fila independiente en la [Tabla 1](#); su presencia se recupera explícitamente en el MH. La organización descrita se plasmó en la [Tabla 1](#), que presenta de manera sistemática la producción del participante en términos de prácticas y objetos. Posteriormente, la información de la tabla se representó gráficamente mediante el Mapa Híbrido (MH), apoyándose en el procedimiento de construcción del MH descrito por los autores en ^[14]. Finalmente, una vez elaborado el MH, los investigadores analizaron el mapa para identificar y representar de manera gráfica las conexiones que se establecen al interior de las prácticas y entre prácticas, haciendo visibles los vínculos que sostienen la organización global de la solución.

Para el trazado de conexiones en el MH, se consideró como conexión todo vínculo sustentado en la producción del participante en el que un objeto (dato, representación, concepto, propiedad, procedimiento o argumento) se usa para producir, justificar o interpretar otro objeto, ya sea dentro de la misma práctica o en una práctica posterior. La dirección de la flecha se asignó del objeto que funcio-

na como insumo/antecedente al objeto que resulta o se utiliza como consecuencia. Cuando en la transcripción varios objetos aparecen actuando conjuntamente como un mismo insumo (por ejemplo, condiciones iniciales que se movilizan en bloque), se consignaron como un conjunto de objetos dentro de la práctica; en los demás casos, se registraron conexiones entre objetos individuales. Todas las conexiones se representaron mediante líneas segmentadas con flecha, distinguiendo conexiones intra-práctica e inter-práctica.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El profesor A resolvió el problema a partir de un tratamiento explícitamente vectorial del movimiento: primero interpretó el enunciado, delimitó que el análisis debía centrarse en el bulto (no en el globo) y fijó una convención de signos para sostener la coherencia física de los resultados.

Con ese marco, planteó las ecuaciones de movimiento para aceleración constante en la dirección vertical y particularizó el modelo asignando al bulto las condiciones iniciales del problema ($v_0 = 12.4$ m/s hacia arriba y $y_0 = 81.3$ m), enfatizando la función de posición $y(t)$ como objeto rector de la solución.

Posteriormente, representó cualitativamente el movimiento y formuló el evento “llegar al suelo” como la condición $y(t) = 0$, lo que lo condujo a resolver una ecuación cuadrática y a seleccionar la raíz físicamente pertinente (tiempo positivo) para obtener $t = 5.53$ s. Finalmente, sustituyó ese tiempo en la expresión de la velocidad $v(t)$ para calcular e interpretar la velocidad de impacto, obteniendo un valor negativo coherente con el movimiento descendente al llegar al suelo.

La [Tabla 1](#) presenta de manera organizada la producción de A en cuatro prácticas y en las categorías de objetos consideradas. La tabla anterior no permite advertir las conexiones, sin embargo, esta puede ser utilizada para la construcción del MH; en consecuencia, la [Tabla 1](#) funciona como insumo directo para aplicar el procedimiento de construcción del MH propuesto en ^[14], en el que se recuperan las prácticas, se reconocen los objetos asociados y se establecen las conexiones que estructuran el sistema de prácticas representado en el mapa.

La [Figura 1](#) presenta un MH que describe la resolución del problema P por el docente mediante la realización

TABLA 1
PRODUCCIÓN DEL PROFESOR A ORGANIZADA EN PRÁCTICAS Y OBJETOS

PRÁCTICA	CATEGORÍA DE OBJETO	ELEMENTOS DE LA TRANSCRIPCIÓN
Práctica I. Interpretar el enunciado y fijar un marco de referencia (carácter vectorial y convención de signos)	Concepto	“carácter vectorial del movimiento”; “cuando es unidimensional...”
	Propiedades	Regla de signo/dirección: “a la derecha... positivos; a la izquierda... negativos... independientemente de cómo se mueva... son vectores”.
	Procedimiento	Asegurar la coherencia del planteamiento mediante una convención de signos previa (tratamiento unidimensional con direcciones opuestas).
	Argumentos	“hago énfasis en que... debemos manejar un carácter vectorial del movimiento”; y justifica la convención con ejemplos de combinaciones posibles (“...movimiento a la derecha con aceleración positiva... movimiento a la izquierda con aceleración positiva... etc.”), cerrando con “son vectores”.
Práctica II. Plantear el modelo cinemático general y particularizarlo al bulto (ecuación de posición y variables iniciales)	Concepto	“velocidad inicial”, “posición inicial”; relación posición-velocidad: “la velocidad... es la derivada temporal”.
	Propiedades	Aceleración constante (gravitacional) y dependencia funcional: posición cuadrática en t y velocidad lineal en t (implícito en el uso de $y(t)$ y $v(t)$).
	Procedimiento	Planteo general $y = -\frac{1}{2}gt^2 + v_{0y}t + y_0$; y particularización al bulto: $v_{0y} = 12.4 \text{ m/s}$ y $y_0 = 81.3$, obteniendo $y = -\frac{1}{2}gt^2 + 12.4t + 81.3$.
	Argumentos	Justifica (i) el uso del modelo general: “las voy a plantear en forma general para cuando tenemos aceleración constante”; (ii) el recorte del sistema: “no nos interesa el globo, sí nos va a interesar el bulto”; y (iii) el criterio de pertinencia de datos iniciales: “la velocidad inicial y la posición inicial son claves”.
Práctica III. Describir el movimiento y plantear el evento “llegar al suelo” como condición $y(t) = 0$; resolver la ecuación cuadrática y seleccionar la solución física	Concepto	Interpretación cualitativa: “el bulto... va a subir y luego va a bajar”; y el evento como “llegar a la posición cero”.
	Propiedades	Coherencia físico-temporal de las raíces: “la cuadrática debe tener dos soluciones”; una corresponde a “un tiempo t negativo” (trayectoria extendida “antes” de $t = 0$), pero interesa el “tiempo positivo”.
	Procedimiento	“sistema de coordenadas en el piso... al tiempo cero la altura es 81.3”; planteo del evento: “para qué $t... y(t) = 0$ ”; formulación: $-\frac{1}{2}gt^2 + 12.4t + 81.3 = 0$; y resolución con fórmula general hasta obtener $t = 5.53 \text{ s}$ (seleccionando la raíz positiva).
	Argumentos	Argumenta el control cualitativo previo (“conforme transcurre el tiempo... la velocidad... tiene que ir bajando hasta que llegue a cero... va a empezar a bajar el bulto”); justifica el uso del gráfico (“la descripción... en un gráfico bidimensional”); valida el planteo del evento (“en qué momento llega a la posición cero”); y fundamenta la selección de la raíz (“nos va a interesar solamente el tiempo positivo... porque el tiempo negativo es asumiendo que antes del $t = 0...$ estuviera en movimiento”).
Práctica IV. Calcular e interpretar la velocidad de impacto mediante $v(t)$ y cerrar la solución	Concepto	“velocidad al inicio... cuando se soltó... tenía 12.4 m/s” y su evolución temporal (velocidad como magnitud que cambia con t bajo aceleración constante).
	Propiedades	Coherencia direccional por signo (en continuidad con la convención vectorial y con el hecho de que al impactar el movimiento es descendente): resultado negativo al evaluar $v(t)$ en el tiempo de impacto.
	Procedimiento	Sustitución del tiempo seleccionado en la expresión de velocidad: “ $v = -g(5.53) + 12.4... v = -41.8 \text{ m/s}$ ”.
	Argumentos	Lo que da la solución es $t = 5.53 \text{ s}$, y con ese tiempo se calcula la velocidad de impacto al sustituir en $v(t)$: $v = -g(5.53) + 12.4 = -41.8 \text{ m/s}$, interpretando el signo como dirección hacia abajo al llegar al suelo.

Nota. La categoría lenguaje no se codificó en la Tabla 1 como fila independiente para evitar redundancia, dado que opera como soporte transversal de expresión/representación de los objetos; no obstante, el MH recupera explícitamente los recursos lingüísticos y representacionales empleados por el participante (términos, símbolos, unidades y expresiones) en el curso de las prácticas.

de un sistema de cuatro prácticas. En el MH se advierten conexiones principales al interior de las prácticas y entre las prácticas. En la primera práctica se establecen conexiones entre las prácticas I y II mediante I(1-2-3-4)-II(26-27-28), I8-II(1-2) y I8-II(10-11-12-13-14), lo cual permite al docente incorporar el carácter vectorial de las magnitudes físicas así como los datos que proporciona el texto del problema; también hay conexiones al interior de la práctica mediante I(5-6-7)-I8 y I8-I15 con

la cual el docente reduce el tratamiento vectorial al caso unidimensional.

En la práctica II el docente establece conexiones internas que le permiten avanzar en la resolución del problema: considerar ecuaciones cinemáticas aplicables a situaciones con aceleración constante II(1-2)-II14, II(1-2)-II38; resignificar los datos que proporciona el problema para asignar al bulto los datos mecánicos

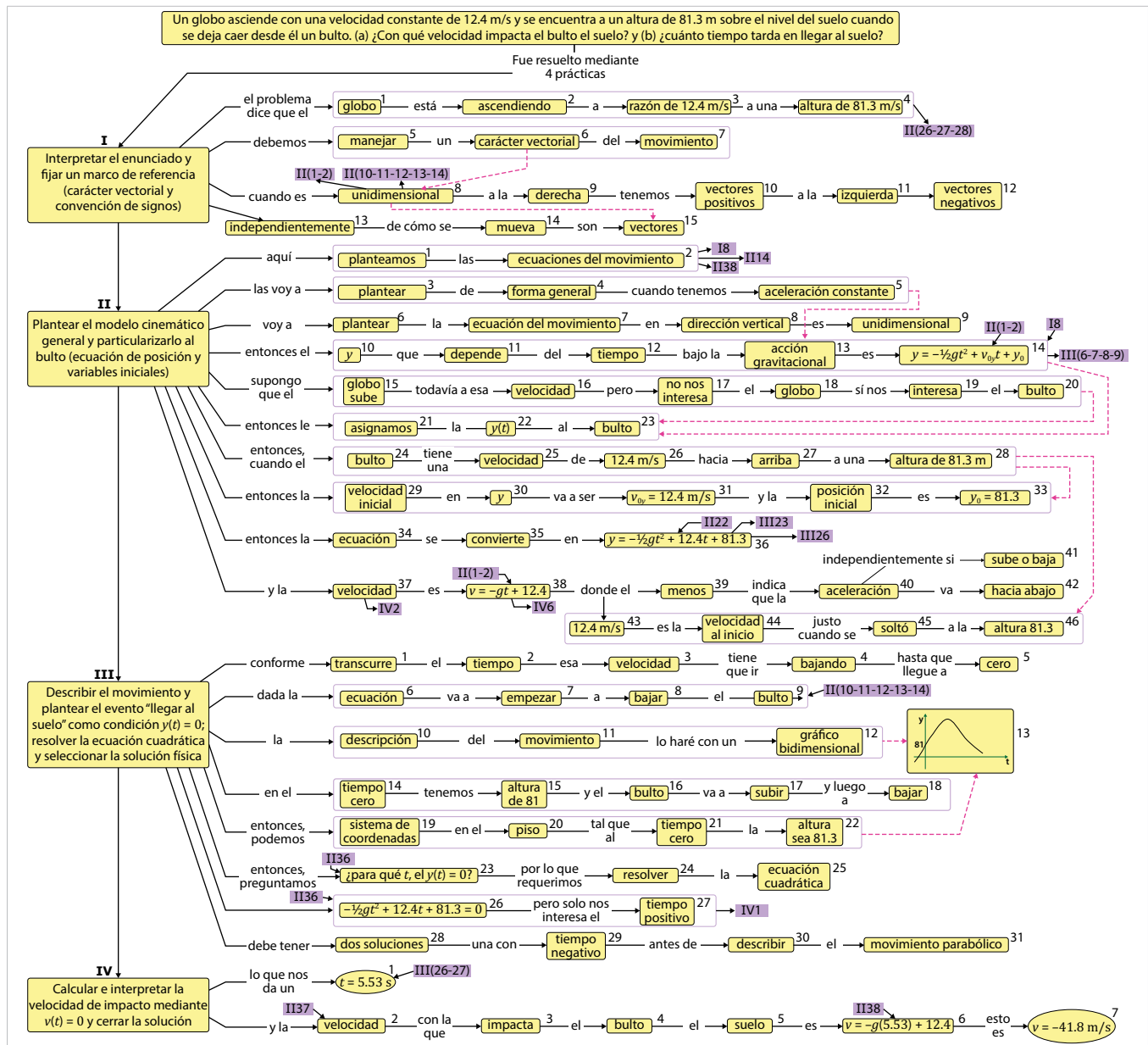


Figura 1. MH que describe el sistema de prácticas epistémico realizado por el profesor A para resolver el problema de cinemática.

del globo II(10-11-12-13-14)-II(21-22-23) y II(15-16...-19-20)-II(21-22-23); sustituir los datos mecánicos en las ecuaciones para particularizarlas II(26-27-28)-II(29-30-31-32-33) y II(26-27-28)-II(43-44-45-46). En esta práctica, el docente también estableció conexiones con la práctica III para interpretar la ecuación cinemática mediante II(10-11-12-13-14)-III(6-7-8-9), II36-III23 y establecer la ecuación que le permitirá más adelante determinar el tiempo que le toma al bulto en llegar al suelo II36-III23 y II36-III26.

En la práctica III hay conexiones internas que le permiten al docente interpretar la ecuación planteada en

la práctica II mediante III(10-11-12)-III13, III(14-15-16-17-18)-III13 y III(19-20-21-22)-III13 y, a partir de estas, establecer la conexión entre la ecuación que le permitió determinar el tiempo de caída del bulto III(26-27)-IV1.

Finalmente, en la práctica IV enuncia el tiempo de caída del bulto y a partir de ese dato y su conexión con la segunda práctica, conexión II38-IV6, determinó finalmente la velocidad con la que el bulto llega al suelo.

Con base en la descripción anterior, un aspecto a destacar del empleo del MH en este estudio es su función

metodológica de trazabilidad: al construirse a partir de una transcripción integrada que se organiza primero en prácticas y objetos (Tabla 1) y luego se transforma en una representación gráfica (MH), el mapa conserva una ruta explícita desde la evidencia empírica hasta la descripción de las conexiones, lo que fortalece la transparencia del análisis y permite someter a revisión las decisiones de segmentación y de enlace entre objetos. En este sentido, el MH no solo “resume” la solución, sino que hace visible la arquitectura del proceso, al mostrar cómo algunas etapas se apoyan en otras y cómo ciertos objetos resultantes operan como insumos para prácticas posteriores, explicitando conexiones intra-práctica e inter-práctica que, en la transcripción, suelen permanecer dispersas.

Asimismo, al representar de manera conjunta los objetos movilizados y sus conexiones, el MH ofrece un soporte gráfico útil para discutir la coherencia del sistema de prácticas y, potencialmente, para comparar patrones de conexión entre resolutores o entre tareas, en línea con su planteamiento como recurso para representar objetos y conexiones que intervienen y emergen en la resolución de situaciones físicas escolarizadas.

Además de su función metodológica de trazabilidad, el MH permite caracterizar la naturaleza de las conexiones que sostienen la resolución cuando se interpreta desde la adaptación del EOS a la física escolar. En este marco, las conexiones se entienden como relaciones expresión-contenido (funciones semióticas) entre objetos, de modo que tanto la expresión como el contenido pueden corresponder a objetos físicos o fisicomatemáticos, según la práctica y el momento del sistema de prácticas; el encadenamiento de estas funciones semióticas organiza el avance de la resolución.

Así, el MH hace visible cómo ciertos objetos se usan para construir y estabilizar otros contenidos clave del proceso, por ejemplo, expresar el evento “llegar al suelo” como $y(t) = 0$, seleccionar $t > 0$ como solución físicamente pertinente e interpretar el signo de “v” como dirección, mostrando con claridad dónde se establecen estas relaciones dentro de las prácticas y cómo se transfieren entre prácticas. En consecuencia, el MH resulta adecuado para describir de manera gráfica y sistemática las conexiones, entendidas aquí como funciones semióticas, que sostienen la coherencia física de la solución.

IV. CONCLUSIONES

En este estudio se concluye que el Mapa Híbrido (MH) permite un análisis fino de la actividad físico-matemática implicada en la resolución de un problema de física escolar, en tanto hace observable, en una misma representación, qué objetos intervienen y cuáles emergen a lo largo de la resolución (por ejemplo, datos iniciales, representaciones, ecuaciones, condiciones de evento y resultados) y cómo estos se reorganizan conforme progresa el trabajo del resolutor. En particular, al reconstruir la producción del docente en prácticas y objetos y posteriormente representarlas en el MH, se logra describir con mayor nitidez la arquitectura del proceso: no solo el “qué se hace”, sino el “con qué se hace” y “qué se obtiene” en cada tramo de la resolución.

En relación con la pregunta de investigación, los resultados muestran que las conexiones entre objetos físicos y fisicomatemáticos pueden describirse y hacerse visibles de manera gráfica y sistemática mediante el MH, ya que el mapa permite identificar y explicitar conexiones al interior de las prácticas (por ejemplo, entre la elección de una convención, la formulación de ecuaciones y la interpretación de signos) y conexiones entre prácticas (por ejemplo, cuando un objeto emergente en una práctica opera como insumo necesario para la práctica subsecuente).

En este sentido, el problema de investigación fue abordado de manera sustantiva en el caso analizado; sin embargo, debe considerarse parcialmente abordado en términos de alcance empírico, dado que se trata de un solo participante y un solo problema, por lo que las conclusiones no buscan generalización estadística, sino aportar evidencia metodológica sobre el potencial descriptivo del MH para representar conexiones.

Adicionalmente, el MH abre una vía útil para la investigación comparativa al distinguir entre un MH epistémico (asociado a la producción de un resolutor experto o docente) y un MH cognitivo (asociado a la producción de un estudiante). Esta comparación permite identificar diferencias en la densidad, direccionalidad y función de las conexiones: qué objetos se integran tempranamente, cuáles quedan aislados, qué transiciones son fluidas y dónde aparecen rupturas o atajos que comprometen la coherencia disciplinar. En el plano docente, esta perspectiva aporta un recurso para diagnosticar dificultades

típicas, diseñar apoyos (por ejemplo, enfatizar prácticas críticas como la interpretación del evento físico o el control de signos) y retroalimentar la resolución, no solo evaluando resultados, sino la estructura de conexiones que sostiene la solución.

Finalmente, se reconocen posibles dificultades del empleo de la técnica. La construcción del MH exige un tratamiento cuidadoso de la evidencia (transcripción integrada, segmentación en prácticas y selección de objetos), lo cual demanda tiempo y criterios explícitos para reducir la ambigüedad.

Asimismo, la identificación de conexiones puede involucrar inferencias del investigador, por lo que es necesario controlar el riesgo de sobre-interpretación, definir reglas operativas consistentes y, cuando sea posible, incorporar procedimientos de validación (por ejemplo, revisión entre pares o acuerdos inter-analista). Además, en resoluciones extensas, el MH puede volverse visualmente complejo, lo que obliga a decisiones de síntesis para preservar legibilidad sin perder trazabilidad analítica.

REFERENCIAS

- [1] K. G. Campo-Meneses y J. García-García, “La comprensión de las funciones exponencial y logarítmica: una mirada desde las Conexiones Matemáticas y el Enfoque Ontosemiótico”, *PNA*, vol. 16, n.º 1, pp. 25-56, 2021, doi: [10.30827/pna.v16i1.15817](https://doi.org/10.30827/pna.v16i1.15817).
- [2] E. Dans-Moreno, F. M. Rodríguez-Vásquez y J. García-García, “Conexiones matemáticas asociadas a las ecuaciones diferentes ordinarias de primer orden”, *PNA*, vol. 17, n.º 1, pp. 25-50, 2022, doi: [10.30827/pna.v17i1.23748](https://doi.org/10.30827/pna.v17i1.23748).
- [3] M. L. Novo, A. Berciano y Á. Alsina, “Conexiones matemáticas de tipo conceptual en niños de 4 años”, *REDIMAT*, vol. 8, n.º 2, pp. 166-192, 2019, doi: [10.17583/redimat.2019.3938](https://doi.org/10.17583/redimat.2019.3938).
- [4] M. E. Hernández-Yañez, J. García-García y K. G. Campo-Meneses, “Conexiones matemáticas asociadas al concepto de ecuación cuadrática que establecen futuros profesores mexicanos de matemáticas”, *Uniciencia*, vol. 37, n.º 1, pp. 1-26, 2023, doi: [10.15359/ru.37-1.13](https://doi.org/10.15359/ru.37-1.13).
- [5] J. García-García, “Escenarios de exploración de conexiones matemáticas”, *Números*, vol. 100, pp. 129-133, may. 2019.
- [6] Á. Alsina, “Más allá de los contenidos, los procesos matemáticos en Educación Infantil”, *EMI*, vol. 1, n.º 1, pp. 1-14, jun. 2012, doi: [10.24197/edmain.1.2012.1-14](https://doi.org/10.24197/edmain.1.2012.1-14).
- [7] J. Hiebert y T. P. Carpenter, “Learning and teaching with understanding”, en *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning*, D. A. Grouws, ed. Nueva York, NY, EUA: MacMillan, 1992, pp. 65-97.
- [8] J. A. Eli, M. J. Mohr-Schroeder y C. W. Lee, “Exploring mathematical connections of prospective middle-grades teachers through card-sorting tasks”, *Math Ed Res J*, vol. 23, n.º 3, pp. 297-319, ag. 2011, doi: [10.1007/s13394-011-0017-0](https://doi.org/10.1007/s13394-011-0017-0).
- [9] J. D. Godino, C. Batanero y V. Font, “The onto-semiotic approach to research in mathematics education”, *ZDM Mathematics Education*, vol. 39, n.ºs 1-2, pp. 127-135, 2007, doi: [10.1007/s11858-006-0004-1](https://doi.org/10.1007/s11858-006-0004-1).
- [10] C. A. Rodríguez-Nieto, V. Font, V. Borji y F. M. Rodríguez-Vásquez, “Mathematical connections from a networking of theories between extended theory of mathematical connections and onto-semiotic approach”, *Int. J. Math. Educ. Sci. Technol.*, vol. 53, n.º 9, pp. 2364-2390, 2021, doi: [10.1080/0020739X.2021.1875071](https://doi.org/10.1080/0020739X.2021.1875071).
- [11] V. Font y C. A. Rodríguez-Nieto, “Naturaleza y papel de las conexiones en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas”, *AIEM*, n.º 25, pp. 1-7, abr. 2024, doi: [10.35763/aiem25.6777](https://doi.org/10.35763/aiem25.6777).
- [12] J. D. Godino, *Teoría de las funciones semióticas. Un enfoque ontológico-semiótico de la cognición e instrucción matemática*. Granada, España: Universidad de Granada, 2003.
- [13] N. Moreno, L. E. Hernández y E. C. Briceño, “Análisis de la resolución de un problema de cinemática mediante el mapa conceptual híbrido”, *ensciencias*, vol. 39, n.º 3, pp. 157-176, ag. 2021, doi: [10.5565/rev/ensciencias.3106](https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3106).
- [14] N. Moreno, M. L. Villaseñor y J. J. Ramírez, “Descripción gráfica de la resolución de problemas de la física escolar”, *Opuntia Brava*, vol. 16, n.º 2, pp. 203-218, 2024.