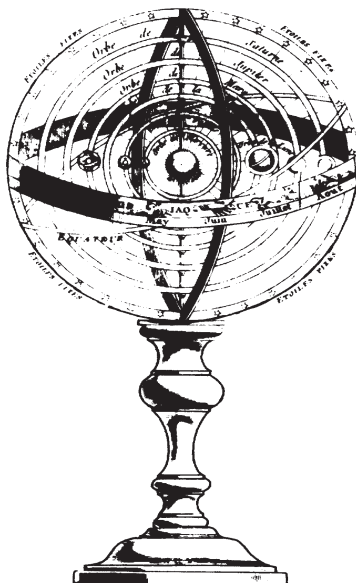


INNOVACIONES DIDÁCTICAS



APRENDIZAJE ACTIVO DE LA CINEMÁTICA LINEAL Y SU REPRESENTACIÓN GRÁFICA EN LA ESCUELA SECUNDARIA

GUIDUGLI, SILVINA; FERNÁNDEZ GAUNA, CECILIA y BENEGAS, JULIO

Departamento de Física. Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas y Naturales.

Universidad Nacional de San Luis. 5700 San Luis. Argentina

jbenegas@unsl.edu.ar

Resumen. En este trabajo se informa sobre una experiencia de aplicación de metodologías de enseñanza activa para el aprendizaje conceptual de la cinemática lineal y su representación gráfica en alumnos de 1r. año del ciclo polimodal en una escuela pública en Argentina. La instrucción se realiza en el marco de la seguridad vial y es evaluada mediante un diagnóstico de preguntas de respuestas múltiples obtenidas principalmente del test de comprensión de gráficas de cinemática (TUG-K), de Beichner (1994). Resultados del 1r. año de aplicación indican una buena asimilación de los conceptos cinemáticos y de su representación mediante gráficas, aun comparando con alumnos de edades y preparación superiores, de esta y otras instituciones. En la encuesta de opinión estudiantil de final de curso se destaca la aprobación por la metodología y el contexto utilizados.

Palabras clave. Cinemática, aprendizaje activo, velocidad, aceleración, seguridad vial.

Summary. In this paper we report an experience of aplicación of active learning methodologies for the teaching of linear kinematic concepts and their linear graph representation to 10th grade students. The instruction is proposed in the context of road safety and has been evaluated with a multiple choice test made mainly of items taken from the Test of Understanding of Kinematics Graphs (TUG-K) proposed by Beichner (1994). Results from the first year of implementation show a good level of achievement in the conceptual learning of linear kinematics variables and their graphical representation, even in comparison with more advanced students of this and other institutions. The student opinion at the end of the course is positive about the methodology and the context used.

Keywords. Kinematics, active learning, velocity, acceleration, road safety.

INTRODUCCIÓN

El dominio conceptual de las ciencias experimentales es esencial para lograr la formación ciudadana requerida en las sociedades modernas basadas en tecnologías de avanzada. Su enseñanza presenta diversas dificultades y es uno de los problemas que aquejan a la escuela secundaria en la Argentina y seguramente también en otras naciones. En el caso de la física, el estudio de la cinemática es básico para comprender conceptos más complejos como fuerzas, energía y, en general, las diversas interacciones entre sistemas y sus consecuencias sobre el movimiento de partículas o cuerpos. El docente atento a los procesos de aprendizaje de sus alumnos reconoce que la confusión generalizada entre posición y cambio en la posición, entre instante de tiempo e intervalo de tiempo son las primeras dificultades que los alumnos deben afrontar para lograr el aprendizaje conceptual del movimiento (Arons, 1990). Investigaciones en el aprendizaje de la física han establecido firmemente que la comprensión de los conceptos de *posición*, *tiempo*, *velocidad* y *aceleración* es difícil y sujeta a múltiples concepciones previas que interfieren en el proceso de aprendizaje. Las dificultades de aprendizaje comienzan con la asimilación y diferenciación de las ideas de valor de la posición en un instante dado y de cambio de posición en un intervalo de tiempo. Interpretación de los conceptos de *velocidad* y *aceleración* involucran sucesivos procesos de abstracción e interpretación de cocientes. Como resultado, los estudiantes no asocian velocidad instantánea con un instante de tiempo, ni discriminan entre velocidad y cambio en velocidad, usando por ello indistintamente las diferentes variables (McDermott, 1984). Esas dificultades conceptuales con las variables cinemáticas se trasladan luego a la representación de las mismas de forma gráfica. McDermott y colaboradores (1987) establecen que las dificultades más importantes consisten en poder diferenciar entre pendiente a la curva en un punto y el valor de la ordenada (altura) en ese punto de la gráfica, así como interpretar los cambios en la altura y los cambios de pendiente. Estas dificultades condicionan la capacidad de relacionar la gráfica de una variable en función de tiempo con la de otra (posición y velocidad, por ejemplo), tanto en lo que se refiere a obtener la derivada de la gráfica (la pendiente) o la gráfica que resulta del proceso de cálculo de área bajo la curva dada (Trowbridge y McDermott, 1980, 1981; McDermott, 1984). Beichner (1994) también muestra que existe una alta correlación entre la capacidad de utilizar indistintamente las diferentes formas de representación de un movimiento (texto escrito u oral y gráficas de posición, velocidad y de aceleración *versus* tiempo) y el dominio del manejo de gráficas de cinemática.

La representación de movimientos mediante gráficas de las variables cinemáticas requiere de procesos de abstracción y del desarrollo de habilidades de representación requeridas no sólo para la continuación de estudios superiores, sino también en el ámbito laboral, ya que son magnitudes físicas y técnicas de representación de uso cotidiano en la sociedad tecnológica contemporánea.

Desde lo social, el aprendizaje de gráficas tiene un valor más allá de la física, ya que es un lenguaje de expresión utilizado cada día más ampliamente en los medios de difusión de, prácticamente, todos los ámbitos. Se las con-

sidera un medio eficaz para transmitir de manera concisa y precisa información económica, deportiva, científica, social, política, etc. En la escuela su uso es cotidiano, tanto en las ciencias experimentales, como en las sociales y administrativas. Por ello entendemos que, desde el punto de vista de la institución escolar, la representación mediante gráficas lineales puede constituir una buena herramienta para la integración y complementación con otras asignaturas escolares.

Localmente se ha mostrado en los últimos años que los alumnos ingresantes a carreras de tipo científico-tecnológico de la Universidad Nacional de San Luis (UNSL) tienen un muy pobre conocimiento conceptual de la cinemática y de su representación mediante gráficas (Guidugli et al., 2001). Estos resultados muestran un bajo nivel de logro en la enseñanza de cinemática en la escuela secundaria de la región, ya que más del 80% de esos estudiantes ingresantes proviene del sistema educativo provincial. Esta situación deficitaria parece haber sido atacada con buenos resultados en el curso introductorio de física universitaria de la UNSL mediante la adopción de estrategias de aprendizaje activo, como los tutoriales en Física Introductoria (McDermott y Shaffer, 2001), especialmente diseñadas para desarrollar en los alumnos la capacidad de analizar y describir un movimiento dado mediante sus diversos modos de representación (Guidugli et al., 2001).

Surge, entonces, naturalmente la pregunta de si en nuestro sistema escolar preuniversitario, es posible lograr un mejor aprendizaje conceptual de la cinemática lineal y de su representación mediante gráficas. En este trabajo se informa sobre una experiencia realizada al efecto con alumnos del décimo año de escolarización en la escuela secundaria dependiente de la UNSL. Los principales objetivos planteados fueron lograr que los alumnos asimilaran los conceptos de *velocidad* y *aceleración* lineales, aprendieran gráficas como una manera de expresión de la información disponible y pudieran aplicar los conceptos y técnicas adquiridas en un contexto social significativo para ellos.

METODOLOGÍA

La tarea de desarrollar y aplicar material curricular de cinemática lineal en el 10° año de escolarización (1° de la educación polimodal, para alumnos de aproximadamente 15 años de edad) fue realizada de forma conjunta por docentes del Departamento del Física de la Universidad Nacional de San Luis y de la Escuela Secundaria que de ella depende. Se adoptó esta estrategia de trabajo para aunar los esfuerzos y experiencias de los distintos actores, evitando que el desarrollo del material curricular y la formación de los docentes encargados de su aplicación fueran etapas disociadas.

Las diversas actividades estudiantiles planificadas y elaboradas por los docentes fueron desarrolladas en tres divisiones a cargo de dos docentes distintos (un docente por curso). Cada división tenía una sola clase semanal de

80 minutos de duración, desarrollando sus actividades en el aula, el laboratorio, el patio de deportes o la calle. La población por clase era entre 24 y 27 alumnos (Tabla II).

Durante el curso, el aprendizaje de los alumnos fue evaluado a través de tareas personales y grupales y mediante un cuestionario que los alumnos tomaron al comienzo y al final de la instrucción (pretest y postest separados ocho meses). Este cuestionario, formado por 6 preguntas de respuestas múltiples, fue elaborado según el Test de Comprensión de Gráficas de Cinemática (TUG-K), de Beichner (1994). Se utilizaron las preguntas 2, 3, 8, 11 y 12 de dicho test, más otra sobre aceleración en un tiro vertical. El texto de las preguntas del TUG-K así como los resultados de su aplicación postinstrucción en alumnos de escuelas secundarias y cursos universitarios de los Estados Unidos de América se encuentran en el citado trabajo. Una versión en español de la prueba completa puede obtenerse del autor (Beichner, 2002). Las preguntas del cuestionario local también son utilizadas para diagnosticar conocimientos y aprendizaje de alumnos de los dos últimos años del secundario (que siguen al curso analizado en este trabajo) y de alumnos del curso introductorio de física de primer año de la universidad local.

El cuestionario completo se incluye en el anexo de este trabajo.

Las cinco preguntas elegidas del test TUG-K tienen los siguientes objetivos principales (Tabla I).

Tabla I

Objetivos de las preguntas utilizadas en el cuestionario local
(la numeración corresponde a la original del test TUG-K).

Pregunta	Objetivo
2	Determinar la aceleración a partir de una gráfica v versus t
3	Seleccionar una descripción textual dada una gráfica cinemática
8	Seleccionar una descripción textual dada una gráfica cinemática
11	Seleccionar una gráfica cinemática a partir de otra
12	Seleccionar una gráfica cinemática a partir de una descripción textual

El cuestionario fue aplicado al comienzo (pretest) y al final del curso (postest).

Con los datos obtenidos se calcula la ganancia normalizada (fracción de ganancia máxima posible), definida como (Hake, 1998):

$$g = (\langle \text{post} \rangle - \langle \text{pre} \rangle) / (100 - \langle \text{pre} \rangle)$$

donde el signo $\langle \rangle$ indica el promedio de respuestas co-

rectas de todo el curso para el pretest y postest, respectivamente. La ganancia normalizada permite comparar el grado de logro de la estrategia educativa en distintas poblaciones, independientemente del estado inicial de conocimiento. Es una medida intensiva de la ganancia obtenida y muy útil para comparar, por ejemplo, estudiantes secundarios con universitarios o de distintas instituciones. Hake (1998) además propone categorizar los resultados de la instrucción en zonas de ganancia normalizada baja ($g < 0,3$), media ($0,3 < g < 0,7$) y alta ($g > 0,7$).

El aprendizaje activo

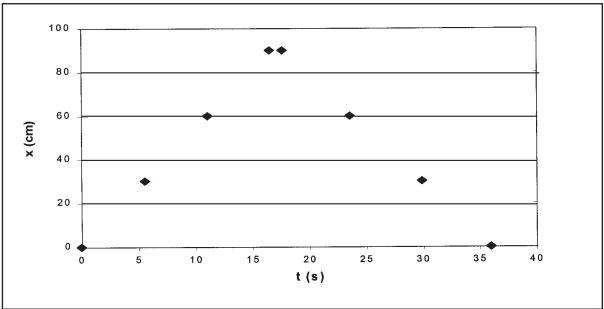
La propuesta de enseñanza experimental llevada a cabo tiene dos características principales: la estrategia seguida para el aprendizaje conceptual de la cinemática y el contexto en el cual se propone la enseñanza (desarrollado en la siguiente sección).

Nuestra estrategia educativa presupone que el conocimiento se construye en cada alumno a partir de sus experiencias previas y las que le propone la instrucción. Se trabajó en la medida de lo posible con movimientos de la vida cotidiana, ejemplificándose los conceptos abstractos tanto como fuera posible. En un camino que partía de lo sensorial para arribar a la conceptualización formal, los alumnos debían comparar las nuevas experiencias con sus ideas previas y resolver las contradicciones (por ejemplo, la no-diferenciación generalizada con que los alumnos utilizan los términos *gran velocidad* y *gran aceleración* para describir el movimiento de un objeto que se mueve rápidamente). Es por ello que se utilizó en la medida de lo posible, la cinestecia. En esta aproximación didáctica, la idea central es que los alumnos, trabajando en pequeños grupos, realicen movimientos corporales para vivenciar los conceptos de *posición*, *cambio de posición* y sobre todo los más abstractos de *velocidad*, *cambio de velocidad* y *aceleración*.

A modo de ejemplo, podemos citar que, al comienzo del curso experimental, los alumnos retomaron los resultados de una actividad realizada en el curso anterior, consistente en medir y graficar el caminar en línea recta a ritmo constante. Posteriormente se propuso que estudiaran el movimiento de la mano desplazándose sobre el canto (rectilíneo) de la mesa de laboratorio. Los alumnos debían representar un eje de coordenadas sobre la orilla de la mesa, marcar el origen y posiciones cada 30 cm. Luego un alumno deslizaba a ritmo constante su mano por el canto de la mesa mientras sus compañeros de grupo medían el tiempo de paso por cada marca, utilizando cronómetros simples puestos en marcha simultáneamente. Se estudió el movimiento de la mano del experimentador alejándose del origen a distintos ritmos, partiendo de distintos puntos (no sólo desde el origen elegido), y finalizando con movimientos en sentido contrario (hacia el origen). Los alumnos debían detener el cronómetro al pasar la mano por su estación de medida. Con los datos recogidos construían las tablas de valores (x , t) correspondientes, las cuales luego eran representadas en una gráfica común, a los fines de comparar movi-

mientos. Este trabajo incluye la realización, por parte de los distintos alumnos del grupo, de movimientos correspondientes a gráficas propuestas por el instructor y también pidiéndoles que dibujen la gráfica cualitativa del movimiento realizado por otro alumno o por el docente. Además de la comprensión de los conceptos de *tiempo*, *posición*, *intervalo de tiempo*, *desplazamiento* y *velocidad*, se procura con esta actividad el desarrollo de habilidades experimentales como determinación de espacio y tiempo, sincronización de relojes y el análisis simple de los errores experimentales de los datos obtenidos. Los datos experimentales son de buena calidad mostrándose, a modo de ejemplo, en la gráfica 1 los resultados obtenidos por uno de los grupos de trabajo en una actividad práctica consistente en desplazar a velocidad constante la mano por el canto de la mesa de laboratorio (sistema unidimensional), detenerse por un pequeño intervalo de tiempo y luego regresar a ritmo más lento. Para esta actividad un alumno mueve su mano, otros registran los tiempos de pasada (de ida y vuelta) por «estaciones» previamente marcadas sobre la trayectoria seguida y otros registran la información. La discusión de resultados es grupal, supervisada por el docente, que además confronta distintos grupos si tienen resultados distintos.

Gráfica 1
Resultado experimental obtenido por uno de los grupos de estudiantes para un movimiento unidimensional a distintas velocidades.



El contexto

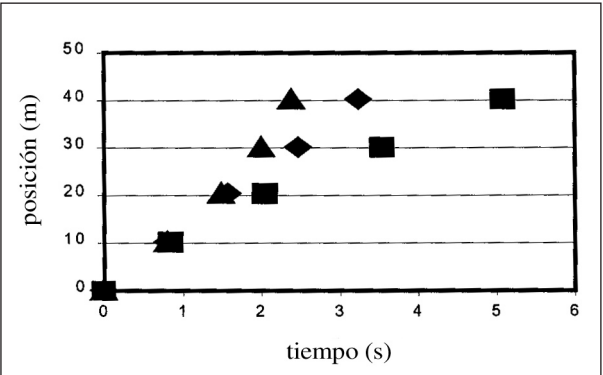
Como tantas otras actividades humanas, la capacidad de aprendizaje de los alumnos está influenciada por el contexto. En esta propuesta se consideró muy importante utilizar, como tema central del curso, la seguridad vial, pues brinda ejemplos significativos para los estudiantes de todos los conceptos cinemáticos desarrollados. Esto es especialmente importante en Argentina, un país con un índice de accidentes viales varias veces superior al de los países centrales. En particular, en nuestro país, los accidentes son la principal causa de muerte en la franja etaria de estudiantes secundarios y universitarios.

Se propusieron entonces una importante cantidad de ejemplos, tanto imaginarios como reales, de diversas situaciones viales. El aspecto social fue también analizado

por los estudiantes, sobre todo analizando las conductas viales y sus consecuencias. Esto se realizó tanto indagando en internet, como visitando las oficinas estatales locales para buscar reglamentaciones de tránsito. Éstas se pudieron contrastar, por ejemplo, con el comportamiento de los conductores locales en la práctica en que los alumnos determinaron la velocidad de los vehículos en una avenida adyacente a la escuela.

En esta práctica se determinaron los tiempos de pasada de diversos vehículos por cinco o seis estaciones de medición establecidas cada 10 metros. En cada estación un grupo de alrededor de cuatro estudiantes debía medir y registrar los tiempos de pasada de cada vehículo. Para esta actividad fue importante el manejo experimental ganado en la actividad 4 (en ambas prácticas se utilizaron relojes personales de alumnos y docentes, con capacidad de registrar 1/100 de segundo). Al regresar al aula, los alumnos elaboraron la tabla de tiempos de pasada de todos los móviles, con lo cual construyeron las gráficas *x versus t*. Esta determinación experimental permitió el estudio y comparación de movimientos a distintas velocidades constantes y la aparición natural de los conceptos de *cambio de velocidad*, *intervalo de tiempo* y *aceleración*. Tal como se muestra en el ejemplo de la gráfica 2, los datos son de buena calidad y se encuentran ejemplos de vehículos que se mueven aproximadamente a velocidad constante (auto), otros que aceleran (moto) y otros como la camioneta que frenan (este caso es bastante común, pues los conductores creen que se les está controlando y disminuyen la velocidad notoriamente). Entre las actividades a realizar en esta práctica está el cálculo de las velocidades medias de cada intervalo, primero en m/s y luego en km/h. Esto último no sólo es importante para comparar con las reglamentaciones de tránsito, sino fundamentalmente porque es la unidad de medida de la cual los alumnos tienen una representación o experiencia concreta. Los resultados de la práctica se discuten en las dos o tres clases posteriores y resultan de una enorme riqueza conceptual, experimental y también social, como lo resaltan los propios alumnos en la encuesta de opinión al final del curso.

Gráfica 2
Gráfica sobre posición y tiempo obtenidas por uno de los grupos para: moto (▲), camioneta (■) y auto (◆)



RESULTADOS

Grado de logro y comparación de poblaciones

En la tabla II se informa de los resultados del pretest y postest de las tres divisiones y el detalle de las poblaciones de cada una de ellas. Se puede apreciar que, en general, el estado inicial de conocimientos es muy bajo, mientras que el estado final es satisfactorio, con una muy buena ganancia normalizada en todas las preguntas de las tres divisiones.

Tabla II
Valores medios (%), sus respectivas varianzas (entre paréntesis) y ganancia normalizada de cada pregunta y de todo el cuestionario (media) tomado preinstrucción y postinstrucción en las tres divisiones de 1r. año de polimodal (curso 2001).

División A						
Total alumnos: 24						
Pregunta núm.	2	3	8	11	12	Medial
Preinstrucción	35 (24)	65 (24)	9 (8)	4 (4)	22 (18)	27 (20)
Postinstrucción	88 (11)	100 (0)	88 (11)	79 (17)	83 (14)	88 (11)
g	0,81	1,00	0,86	0,78	0,79	0,83

División B						
Total alumnos: 27						
Pregunta núm.	2	3	8	11	12	Media
Preinstrucción	8 (8)	42 (25)	13 (11)	0 (0)	17 (14)	16 (13)
Postinstrucción	74 (20)	89 (10)	44 (26)	63 (24)	93 (7)	73 (20)
g	0,72	0,81	0,37	0,63	0,91	0,67

División C						
Total alumnos: 27						
Pregunta núm.	2	3	8	11	12	Media
Preinstrucción	33 (23)	71 (22)	17 (14)	4 (4)	17 (14)	28 (20)
Postinstrucción	81 (16)	85 (13)	78 (18)	56 (26)	74 (20)	75 (19)
g	0,72	0,49	0,73	0,54	0,69	0,65

Se hace una comparación en la tabla III se detallan los valores medios (y las respectivas varianzas) obtenidos al final de la instrucción en la población de este experimento y los valores medios de la población informada por Beichner (1994). Aun cuando esta población es heterogénea, constituida por una mezcla de 524 estudiantes de escuelas secundarias y de colegios universitarios de los Estados Unidos de América, entendemos que constituye un importante punto de comparación del grado de logro de nuestra población. Al respecto creemos conveniente destacar que, en el citado trabajo, Beichner no encuentra (para el total del test) una diferencia estadísticamente significativa entre sus muestras de alumnos secundarios y la de estudiantes universitarios.

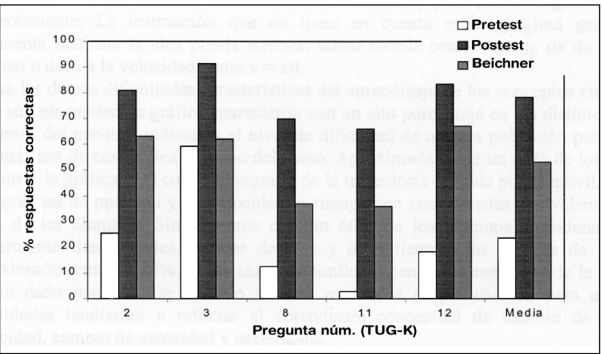
Tabla III
Rendimiento promedio de la población total de las tres divisiones y comparación con los datos de la población reportada por Beichner (1994).

Pregunta núm.	2	3	8	11	12	Media
Preinstrucción	26	59	13	3	18	24
Postinstrucción	81	91	70	66	83	78
g	0,74	0,79	0,66	0,65	0,80	0,73
Beichner Postinstrucción	63	62	37	36	67	53

Siguiendo la clasificación en zonas de ganancia normalizada baja, media y alta propuesta por Hake (1998), observamos que (para la media de las tres divisiones) dos de las preguntas se sitúan en la zona de ganancia media mientras que las otras tres (así como la ganancia media de todo el diagnóstico) lo hacen en la zona de alta ganancia. Estos altos valores de la ganancia normalizada son característicos de las estrategias activas de aprendizaje y no son alcanzados mediante la instrucción tradicional, según lo mostrado por Hake (1998) para una importante cantidad de alumnos de escuelas secundarias y universidades.

Para una más fácil visualización, los valores de pretest y postest de la tabla III se han representado gráficamente en el figura 1. Se aprecia en primer lugar que el grado de logro general ha sido muy satisfactorio. Es destacable además que el resultado final en todas las preguntas (objetivos) es significativamente mejor que la media de los estudiantes reportados por Beichner (1994).

Figura 1
Resultados del cuestionario tomado pretest y postest instrucción y de la población reportada por Beichner (1994).



Utilización de cuestionarios de respuestas múltiples para planificar y monitorear la enseñanza de la cinemática

La investigación en enseñanza de la física ha aportado amplios estudios y bibliografía respecto de las dificultades de aprendizaje más comunes. La riqueza de esta in-

formación ha sido volcada a unos pocos tests de respuestas múltiples, como el de interpretación de gráficas de cinemática de Beichner (1994). En estos cuestionarios, de amplio uso en enseñanza e investigación, los distractores responden a aquellas ideas previas o preconcepciones que resultan en las dificultades de aprendizaje más comunes. Su construcción facilita entonces dos aspectos centrales de la enseñanza: la planificación de actividades y la evaluación de resultados. En el marco de la taxonomía de dificultades de aprendizaje descrita por Beichner (1994), el análisis del pretest permite conocer el grado de importancia absoluta y relativa de las principales carencias y dificultades de los alumnos (en este tema) y, por lo tanto, realizar una fundada y metódica planificación de actividades. Permite además evaluar el grado de asimilación de los conceptos iniciales de gráficas que los alumnos lograron en la instrucción del curso anterior. En nuestro caso al final del curso previo se propuso que los alumnos aprendieran a ubicar un punto (x, t) en la gráfica e interpretarlo para el movimiento simple de caminar hacia adelante a velocidad constante. Esta tarea se evalúa mediante la pregunta núm. 3, que es la tarea más simple de todo el TUG-K. Se observa en la tabla II que los tres cursos tuvieron un buen desempeño en el pretest, con un valor promedio apenas por debajo del postinstrucción reportado por Beichner. Nuestra conclusión es que el objetivo de la instrucción del año anterior fue logrado satisfactoriamente. Sin embargo, en la pregunta 8, muy similar a la pregunta 3 pero con pendiente negativa, el resultado es notoriamente más pobre. Esto está asociado con la confusión entre desplazamiento y posición y entre intervalo de tiempo e instante de tiempo. Los alumnos para sacar la pendiente de la curva directamente dividen la posición (x) por el tiempo (t) y no el cambio de posición por el intervalo de tiempo. Por ello, si la curva es ascendente y pasa por el origen, responden correctamente. La instrucción que no tiene en cuenta está dificultad generalizada solamente reafirma la idea previa errónea, como sucede con tantos libros de texto que definen o usan la velocidad como $v = x/t$.

Todas las demás dificultades características del aprendizaje de los conceptos cinemáticos y de su representación gráfica aparecieron con un alto porcentaje en los distintos ítems y opciones del pretest, indicando el nivel de dificultad de nuestra población para trabajar con gráficas de cinemática al inicio del curso. Aproximadamente un 65% de los alumnos confunde la gráfica (x, t) con la topografía de la trayectoria seguida por el móvil, mientras que gráficas de posición y de velocidad *versus* tiempo son consideradas equivalentes por un 77% de los alumnos. Similarmente casi un 60% de los alumnos considera que un movimiento tiene iguales gráficas de x , v y a *versus* tiempo. En gráficas de velocidad, aproximadamente un 25% de los alumnos confunde pendiente con valor de la magnitud en un dado instante. De acuerdo con estos resultados se planificaron para este curso actividades tendientes a reforzar el aprendizaje conceptual de cambio de posición, velocidad, cambio de velocidad y aceleración.

Al final de la instrucción (postest) aproximadamente un 8-10% de los alumnos confunde todavía las representaciones gráficas de las distintas variables cinemáticas:

x con v , v con a , x con a (o considera que todas deben tener la misma gráfica), mientras que todavía alrededor del 15% confunde gráfica con la topografía de la trayectoria seguida. Este último aspecto parece ser la dificultad mayor para nuestros estudiantes y se muestra como la más difícil de erradicar. Esto es compatible con los resultados de Beichner (1994), que encuentra que la mayor dificultad remanente (25 % de sus alumnos después de la instrucción) es la creencia de que, al cambiar de variable cinemática, las gráficas respectivas no cambian de aspecto. Esto está estrechamente ligado a la creencia de que la gráfica es una representación del camino recorrido por el objeto. Si los alumnos creen esto último, claramente no deben ver ninguna razón para que, al cambiar la variable cinemática, la forma de la gráfica deba cambiar.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Se han presentado en este trabajo los resultados preliminares de una propuesta educativa para el aprendizaje conceptual de la cinemática. Está inscrita en lo que se llama aprendizaje activo y se basa en que los alumnos, a través de su propia experiencia sensorial, desarrollen los conceptos cinemáticos. Los resultados muestran que es posible, con medios modestos y con poco crédito horario semanal, obtener resultados muy satisfactorios. En un primer análisis parecen haberse reducido significativamente la mayoría de las dificultades de aprendizaje características de la cinemática lineal y de su representación mediante gráficas. Sin embargo, un 10-15% del total de estudiantes mantiene dificultades serias en el uso e interpretación de gráficas de cinemática, siendo la dificultad residual más importante la confusión entre representación gráfica de $x = f(t)$ y trayectoria.

La utilización de diagnósticos de respuestas múltiples elaborados a partir de la investigación en enseñanza de la física ha permitido identificar tanto la importancia de las dificultades específicas de nuestros alumnos como el grado de logro de la metodología aplicada. Su utilización, tanto en la programación de actividades como en la evaluación de resultados, es importante para un proceso cíclico de programación-implementación-evaluación destinado a lograr una mejora importante y estable del aprendizaje.

La metodología de trabajo del grupo de docentes favoreció su participación activa en todas las fases del proceso de renovación. Resulta importante destacar que los profesores de la escuela adquirieron experiencia en varios aspectos fundamentales de la docencia: identificar apropiadamente objetivos y dificultades de aprendizaje en la instrucción propuesta, desarrollar material curricular con los medios disponibles y el conocimiento práctico de nuevas metodologías de enseñanza de la física, que surgen continuamente como fruto de la investigación en enseñanza de la física.

Los estudiantes destacaron en la encuesta de opinión al final del curso que las actividades propuestas les resultaron interesantes, manifestando su aprobación por

el contexto de seguridad vial utilizado. Varios alumnos destacaron que utilizan las reglas de seguridad vial con mayor convicción y frecuencia al comprender las razones físicas que las sustentan. Parecen percibir la física como algo más conectado a sus actividades cotidianas.

La experiencia realizada es, sin embargo, un primer paso en un estudio más profundo. La permanencia de los conceptos cinemáticos aprendidos, la habilidad de los estudiantes para aplicarlos en futuros estudios (en física y otras actividades), cuán susceptibles son los nuevos esquemas mentales de los alumnos a la enseñanza que encuentren en futuros estudios o la eventual existencia de dificultades innatas en algunos alumnos para aprender

gráficas por no tener las herramientas mentales del nivel requerido para la construcción e interpretación de gráficas (Berg y Phillips, 1994) son preguntas que deberían ser respondidas para una más completa evaluación de la estrategia didáctica propuesta. Estas tareas forman parte de nuestra planificación inmediata.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración de la Escuela Normal J.P. Pringles, donde se desarrolló la experiencia de este trabajo. También a la UNSL, por el apoyo al proyecto de innovación educativa (PIE) «Aprendizaje conceptual y significativo de la Física en EGB3 y polimodal».

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARONS, A.B. (1990). *A guide to Introductory Physics Teaching*. Nueva York: Wiley.
- BEICHNER R.J. (1994). Testing student interpretation of kinematics graphs. *American Journal of Physics*, 62, p. 750.
- BEICHNER R.J. (2002). <http://www2.ncsu.edu/ncsu/pams/physics/Physics_Ed/index.html>.
- BERG, C.A. y PHILLIPS, D.G. (1994). An investigation of the relationship between logical thinking structures and the ability to construct and interpret line graphs. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, pp. 323.
- GUIDUGLI, S., VILLEGAS, M., PORASSO, R. y BENE-GAS, J. (2001). Aprendizaje conceptual en un curso introductorio de física universitaria, *Enseñanza de las Ciencias*, núm. extra. VI Congreso Internacional, 2, p. 172.
- HAKKE, R. (1998). Interactive engagement versus traditional methods: A six-thousand student survey of mechanics test data for introductory physics, *American Journal of Physics*, 66, p. 64.
- McDERMOTT, L.C. (1984). Research on conceptual understanding of Mechanics. *Physics Today*, Julio, pp. 24-34.
- McDERMOTT, L.C., ROSENQUIST, M.L. y VAN ZEE, E.H. (1987). Student difficulties in connecting graphs and physics: Examples from kinematics. *American Journal of Physics*, 55, p. 503.
- McDERMOTT, L.C., SHAFFER P. S. y PER (2001). *Tutoriales en física introductoria*. Buenos Aires: Prentice Hall.
- TROWBRIDGE, D.E. y McDERMOTT, L.C. (1980). Investigation of student understanding of the concept of velocity in one dimension. *American Journal of Physics*, 48, p. 1020.
- TROWBRIDGE, D.E. y McDERMOTT, L.C. (1981). Investigation of student understanding of the concept of acceleration in one dimension. *American Journal of Physics*, 49, p. 242.

[Artículo recibido en septiembre de 2002 y aceptado en abril de 2004]

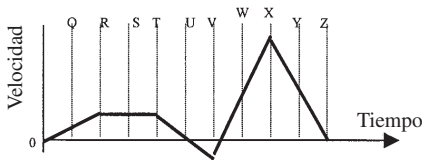
ANEXO

Texto de las preguntas utilizadas en el cuestionario
(La numeración corresponde a la del cuestionario TUG-K original)

En los gráficos que siguen debes interpretar el significado correcto, de acuerdo con lo que creas más acertado, según lo que hayas aprendido o lo que tu experiencia diaria te sugiera.

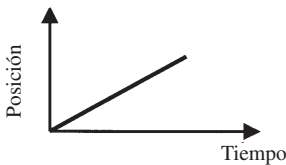
2. En el siguiente gráfico de velocidad en función del tiempo, ¿en qué intervalo es más negativa la aceleración?

- a) De R a T
- b) De T a V
- c) En V
- d) En X
- e) De X a Z



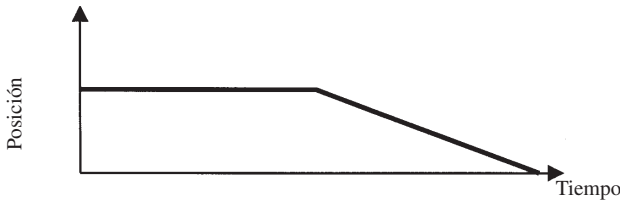
3. El siguiente gráfico representa el movimiento de un objeto. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es la mejor interpretación del mismo?

- a) El objeto se mueve con una aceleración constante no nula.
- b) El objeto no se mueve.
- c) El objeto está moviéndose con una velocidad uniformemente creciente.
- d) El objeto se mueve a velocidad constante.
- e) El objeto se mueve con aceleración uniformemente creciente.

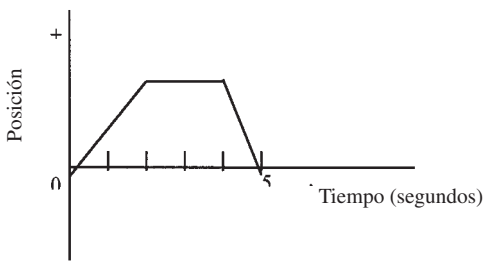


8. El movimiento de un objeto está representado por el siguiente gráfico. ¿Cuál de las siguientes es la afirmación correcta?

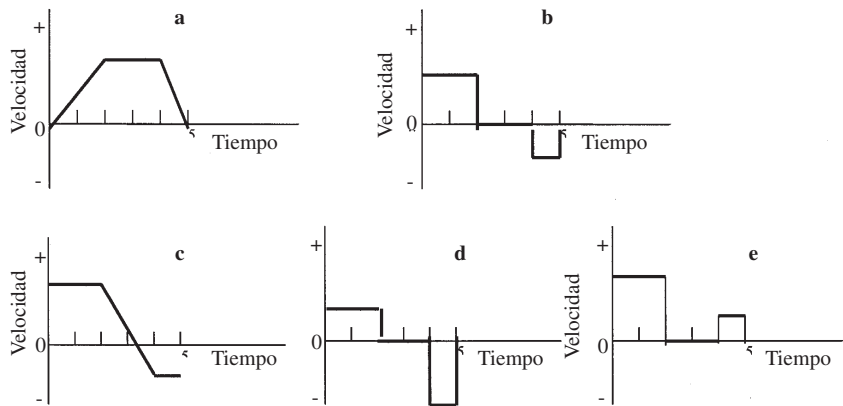
- a) El objeto se mueve por una superficie plana, luego baja una colina y finalmente se para.
- b) El objeto no se mueve al principio, luego desciende una colina y se detiene.
- c) El objeto se mueve a velocidad constante, luego se frena y finalmente se detiene.
- d) El objeto primero no se mueve, luego retrocede y se detiene.
- e) El objeto se mueve sobre una superficie plana, luego retrocede bajando de una colina y sigue luego moviéndose.



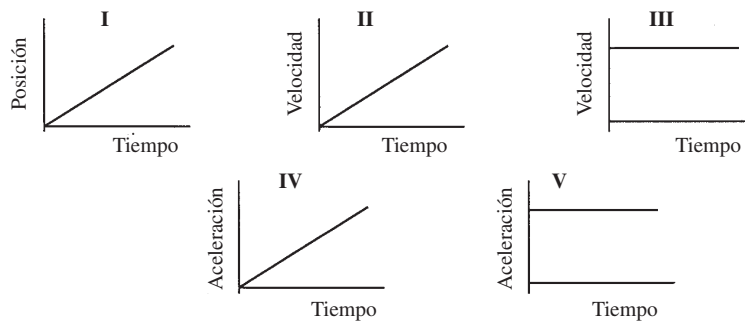
11. La siguiente es una gráfica del desplazamiento en función del tiempo para un objeto durante un intervalo de tiempo de 5 seg.



¿Cuál de las siguientes gráficas de velocidad *versus* tiempo representa mejor el movimiento del objeto durante ese intervalo de tiempo?



12. Considerando las siguientes gráficas y teniendo cuidado con las magnitudes físicas de los diferentes ejes:



¿Cuál de estas gráficas representan movimientos a velocidad constante?

- a) I, II y IV c) II y V e) Sólo V
 b) I y III d) Sólo IV