

La representación del movimiento como problematización para enseñar M.R.U. y M.R.U.V.

REVISTA
DE
ENSEÑANZA
DE LA
FÍSICA

M. Carolina Nieva¹

¹Instituto Contardo Ferrini, Contardo Ferrini 96, Río Primero, CP 5127, Córdoba, Argentina.

E-mail: nievamc@gmail.com

(Recibido el 28 de abril de 2015; aceptado el 28 de mayo de 2015)

Resumen

Transitar por la “Física” en el nivel medio suele ser difícil, no solo porque se requiere de saber física sino también de dominar la matemática. Aún como estudiante del profesorado en física y ante el desafío del desarrollo de mi práctica docente, se me plantea trabajar con el MRU. Frente a la propuesta considerada personalmente como poco atractiva, se busca una alternativa que podríamos considerar “no convencional” que reconsidere el uso y la presentación que le damos tradicionalmente a las representaciones en física. A través de esta propuesta diferente, los estudiantes pusieron en evidencia con gran desarrollo, el sentido físico que lograron encontrar en las representaciones matemáticas de gráficos cartesianos, en diversos movimientos reales y modelizados, cumpliendo ampliamente con los objetivos que me proponía.

Palabras clave: Representaciones en ciencias, M.R.U., Práctica docente, Física en educación secundaria.

Abstract

Getting through Physics in high-school is often a difficult task, not only because it means that one has to know physics, but also that one needs to master the math. As a pre-service teacher I was faced with the challenge of teaching unidimensional uniform motion. Having found the topic unattractive and not very motivating, an “unconventional” approach was developed. This approach questions the use and presentation that are commonly found for representations in physics. By means of the activities proposed, students were able to evidence, and very explicitly, the physical sense that they could find in the mathematical representations of graphs for several real and modeled motions, thus satisfactorily meeting the teaching objectives of my practice.

Keywords: Representations in Science, Uniform unidimensional motions, Pre-service teaching, Physics in high-school.

I. INTRODUCCIÓN

Este relato se enmarca en mi práctica docente, en la Asignatura Metodología y Práctica de la Enseñanza (Nieva, 2014). Esta fue la última asignatura cursada para obtener mi título de Profesora de Física, en una Universidad Nacional de la República Argentina. Estas prácticas fueron realizadas en una escuela de nivel medio, ubicada en un barrio de clase media en la zona oeste de la Ciudad de Córdoba. Se trata de una escuela pública de gestión privada, mixta y no confesional. La misma ofrece servicios de Nivel Inicial (sala de 4 años y 5 años); Ciclo Básico Unificado (CBU) y Ciclo de Especialización (CE) con dos secciones por grados y/o cursos y una población estudiantil de 850 (ochocientos cincuenta) alumnos aproximadamente.

El establecimiento cuenta con un Proyecto Educativo Institucional (PEI). Del mismo, se destacarán aquí algunas características que pretenden mostrar un perfil de la institución:

Un modelo institucional de concertación. Se establece un modelo institucional democrático, de poderes compartidos. En este sentido, las normas de convivencia son establecidas por todos los actores de la institución y se acuerdan, reafirman o modifican periódicamente.

Objetivos para la formación de los estudiantes. El PEI establece como objetivos, entre otros, que los estudiantes desarrollen un pensamiento reflexivo y juicio crítico, profundizando en el conocimiento

científico y que sean incentivados a plantear situaciones-problemas que posibiliten el desarrollo de la capacidad para resolverlos.

El curso en el cual se realizó la práctica es un tercer año con 30 alumnos, con solo 8 varones frente a 22 mujeres. En general la distribución de ellos en el aula consistía en 4 columnas de 2 alumnos por cada una de ellas. Tres columnas completas correspondían a las mujeres mientras que todos los varones se encontraban en la última. La asignatura Física tenía asignadas sus clases en dos días a la semana. Medio módulo los martes (de 9:40 hs a 10:20 hs) y un módulo completo los jueves (de 10:35 a 11:55 hs), o sea un total de 120 minutos semanales.

El contenido que debí desarrollar fue el de Movimiento Rectilíneo Uniforme y a posteriori la docente del curso seguiría inmediatamente con Movimiento Uniformemente Variado. El tema no fue elegido por mí sino que fue asignado por la docente del curso en función de las semanas en las que se debían desarrollar las prácticas. El total de las prácticas abarcó 5 semanas durante el mes de setiembre de 2014.

La experiencia que se relata en este trabajo se centra en tres actividades en las cuales, con el objetivo de desarrollar contenidos pertinentes al tema de M.R.U. (y M.R.U.V.), se abordó la cuestión de la representación del movimiento (en una dimensión). Estas actividades fueron trabajadas en dos clases consecutivas de 80 minutos (la primera) y 40 minutos (la segunda).

II. QUÉ CRITERIOS GUIARON LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS

El gran desafío que representó para mí el diseño de esta unidad didáctica fue el de encontrar actividades significativas, interesantes, motivadoras y estimulantes para los estudiantes. El contexto del estudio de los movimientos rectilíneos significó una “dificultad” extra, ya que la física del movimiento rectilíneo se describe con unas pocas y simples ecuaciones. Entre los objetivos que tenía como practicante, se encontraba el de desarrollar actividades que, a partir de los conocimientos previos de los estudiantes, apuntaran a desarrollar conocimientos y habilidades relacionadas con los contenidos específicos a trabajar. En particular, mi preocupación inicial giraba en torno a la siguiente pregunta: ¿qué conocimiento previo es aquél que los estudiantes utilizarán para aprender a describir movimientos tan simplificados como el de un móvil puntual que se desplaza unidimensionalmente a velocidad constante? Más allá de la noción intuitiva de que a mayor velocidad, una misma distancia se recorre en menor tiempo, o que a mayor tiempo de viaje e igual velocidad se recorre una distancia mayor, o que si la misma distancia se recorre en menor tiempo la velocidad de viaje es mayor, ¿qué otra cosa debían aprender los estudiantes?

Llevé estas inquietudes a mis docentes, y luego de algunas discusiones, concluimos que un contenido menos explícito, pero conceptualmente central en el tema de M.R.U. (y M.R.U.V.) es el de la *representación y modelización* del movimiento. Es decir, las razones, supuestos y consideraciones que llevan a modelar algo tan complejo como el movimiento que los estudiantes, a través de su experiencia cotidiana, han aprendido a describir de manera intuitiva. En estas discusiones, quedó de manifiesto que, si bien el M.R.U. se describe con dos ecuaciones simples (posición y velocidad en función del tiempo), un aspecto que muy frecuentemente queda implícito y “escondido” para los estudiantes es que esos movimientos que se estudian corresponden a casos particularmente simplificados y en tal sentido son un subconjunto particular de la enorme variedad de movimientos posibles. Este tema fue abordado en la primera clase, en la cual, a partir de videos de movimientos reales, pudimos, los estudiantes y yo, entender y acordar que, en una primera instancia, sólo abordaríamos la descripción de los movimientos en una línea recta.

En las dos clases que se relatarán se trabajó alrededor del concepto de representación de los movimientos (unidimensionales). Se comenzó el desarrollo a partir de este tema, porque encontramos una manera de hacerlo a través de la recuperación de ciertos conocimientos que muy probablemente formaban ya parte de las intuiciones de los estudiantes.

Los objetivos que tenía para estas clases eran los siguientes:

- Diferenciar los términos “velocidad”, “posición”, “tiempo” y “trayectoria”.
- Empezar a reconocer el carácter vectorial de la velocidad.
- Analizar críticamente un gráfico que describa el movimiento de un cuerpo e interpretarlo.
- Aplicar los conceptos de posición, velocidad, sistema de referencia y trayectoria a un ejemplo concreto.
- Interpretar cómo se miden los intervalos de tiempo.

III. ACTIVIDADES Y RESPUESTAS DE LOS ESTUDIANTES

Actividad 1: Esta actividad disparadora, fue pensada a partir de un trabajo de investigación en el cual los autores proponen a estudiantes de sexto grado que construyan maneras de representar un movimiento unidimensional (diSessa y otros, 1991). La actividad planteada a mis estudiantes fue la de hacer una clasificación de las representaciones que los estudiantes del estudio proponían, ordenándolas de “mejor” a “peor”, para luego compartir las razones de dicha clasificación. La Figura 1 muestra la tarea presentada a los estudiantes.

Esta actividad se trabajó de la siguiente manera. Los estudiantes, en grupos de 4, decidían sobre cuáles eran las representaciones más adecuadas y por qué. En una posterior puesta en común, se presentaron sus elecciones al frente fundamentando y permitiendo que la retroalimentación de sus propios compañeros favoreciera las críticas sobre los diseños. Había imaginado, al preparar la clase, que en el transcurso del debate podrían surgir ideas nuevas para mejorar los gráficos presentados o también que una mayoría pudiera acaso acordar con una sola propuesta. Por ese motivo, había preparado algunas consideraciones sobre los diferentes gráficos que me permitirían hacer preguntas durante la puesta en común:

- A- Este esquema no es preciso para decir cuánto tiempo estuvo detenido el hombre. No hay una diferenciación específica sobre las velocidades, solo dos valores muy arbitrarios.
- B- En este gráfico hay una ambigüedad al representar sobre la horizontal distancia y tiempo.
- C- Nuevamente no encontramos mediante esta representación al tiempo.
- D- La línea horizontal representa para este gráfico la distancia a lo largo del camino (o el camino mismo), y no el tiempo. Por este motivo se tuvo que recurrir a otro método (los signos iguales de diferente tamaño) para indicar la duración temporal de cada parada.
- E- El tiempo está representado dos veces, en la vertical y en la horizontal.
- F- La vertical indica una parada. La horizontal indica una velocidad muy grande cuando en realidad siguiendo con el método utilizado debería ser una velocidad infinita, es arbitrario el método con el cual se designan las velocidades. Estas inclinaciones no discriminan el sentido de la pendiente.
- G- El movimiento es en zig-zag porque no se diferencian los sentidos de los segmentos.
- H- Los segmentos más largos indican velocidades mayores por lo cual cuando solo tenemos un punto el cuerpo está detenido pero no se indica durante cuánto tiempo lo estuvo.

Para empezar les pedí a todos que se distribuyeran en grupos de no más de 4, lo cual se respetó, salvo por un grupo que tuvo cinco integrantes. Luego les repartí copias de la actividad I y discutimos brevemente el movimiento que esos gráficos debían representar. Los grupos debían decidir cuál de esas representaciones creían que eran las “mejores” y las “peores”. El criterio para la selección era que alguien que no conoce el movimiento que hizo el hombre pueda predecirlo a partir del gráfico elegido. Los diferentes grupos tomaron sus decisiones, las cuales se muestran en la figura 2.

Afortunadamente el curso no consensuó respecto a una sola representación, lo cual favoreció un debate lleno de ideas que confluyeron en una misma: ninguno de éstos es suficientemente bueno para poder interpretar el movimiento del hombre. Lo importante, a mi criterio, de lo que se consiguió con esta actividad, es que ellos tuvieron la oportunidad de expresar y contrastar todas sus ideas acerca de cómo se podría representar un movimiento. La “excusa” de clasificar las representaciones hechas por otros estudiantes, sirvió para que ellos mostraran sus ideas al respecto para comunicarse y entenderse entre sí, al mismo tiempo que me daba a mí la posibilidad de conocer esas ideas. De este modo, se generó un clima en el cual había una buena razón para poner a consideración de ellos, como una propuesta más, la posibilidad de un gráfico cartesiano. Dado que una de las “falencias” que los estudiantes encontraron y expresaron en los gráficos analizados en la actividad I era que se representaban “juntos” velocidades y posiciones, propuse las siguientes gráficas, que “pondríamos a prueba”. Para esta nueva representación se recurrirán a 2 gráficos, uno para la velocidad en función del tiempo, y el otro para los cambios de posición en función del tiempo destacando los beneficios en cuanto a clarificar los cambios, es decir, como se vio en la mayoría de las representaciones de los chicos del artículo, había ambigüedad al graficar “todo junto”, recurriríamos entonces a 2 gráficos:

Actividad 1:

Un automovilista viaja a gran velocidad por el desierto, él está verdaderamente sediento. Cuando ve un cactus se detiene para beber agua de él. Luego regresa a su auto y continúa manejando.

Se les propone que trabajen en grupos de no más de cinco personas para decidir cuál de las siguientes representaciones creen que describe mejor el movimiento del automovilista. Justificar su elección. Ordenen los gráficos empezando con el que "mejor" representa el movimiento y finalizando con el que ustedes creen es el "peor".

A-



Representación donde el segmento indica velocidades altas y cuando el segmento es una sucesión de puntos se indican velocidades más bajas. El espacio sin segmentos ni puntos se identifica como la parada del hombre.

B-



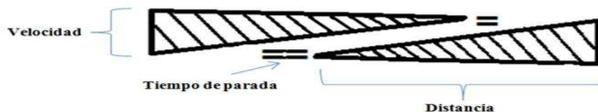
Aquí la velocidad es representada por la altura de una línea vertical, mientras que la línea horizontal indica la parada, el tamaño indica el tiempo de parada. El grosor indica las distancias recorridas con dichas velocidades.

C-



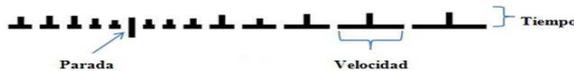
La línea horizontal para indicar la carretera. Mientras más juntos los puntos las velocidades son más bajas y viceversa. El segmento vertical representa la parada.

D-



La velocidad está indicada con el espacio vertical entre las líneas horizontales y oblicuas. Los estados de reposo los indicaba con signos iguales y el tamaño del signo representa el tiempo que permanecía en ese estado; es decir, el signo igual más grande quiere decir que allí se detuvo por más tiempo. La línea horizontal representa para este gráfico la distancia a lo largo del camino.

E-



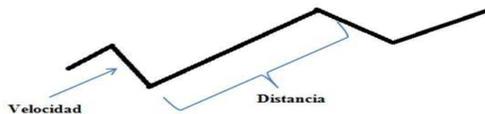
Las líneas horizontales representan la velocidad y las líneas verticales el tiempo.

F-



Se utiliza la inclinación de cada segmento para representar la velocidad: si el segmento está en forma horizontal implica que la velocidad es muy grande. Cuanto más arriba en las inclinaciones de la línea más lento es. La vertical indica una parada.

G-



La longitud de los segmentos indica la distancia y las pendientes las velocidades.

H-



Los segmentos más largos indican velocidades mayores por lo cual cuando solo tenemos un punto el cuerpo está detenido.

FIGURA 1: Material para la actividad 1

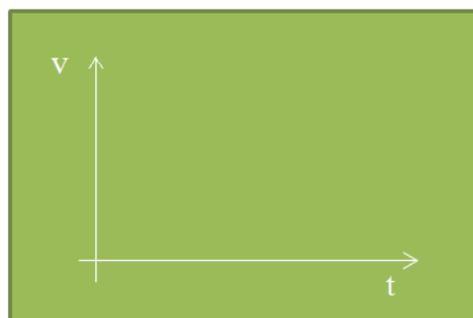
	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOVI	DICI
MELBA	B	B	C	H	H	B
ROSA	G	G	S	A	G	G

FIGURA 2: las opciones de los estudiantes en la Actividad 1.



1) El gráfico es de una especie de “línea de tiempo” y la flecha al final indica que el tiempo crece para la derecha.

2) Línea vertical para indicar las velocidades. La flecha en la punta indica que la velocidad crece hacia arriba, es decir, que mientras más arriba esté marcando en el gráfico, mayor será la velocidad.



De esta manera, al concluir el debate de la actividad 1, y posteriormente proponer los gráficos cartesianos de v vs. t , los estudiantes de alguna manera eran “dueños” de esa nueva herramienta. Es decir, el uso del gráfico no era una tarea más a agregar a la lista de cosas que tenían que aprender, sino que era percibido por ellos como una herramienta para entender(se) y comunicar(se) mutuamente los análisis que se hacían sobre el caso específico de movimiento que tratábamos. La explicación de cómo se realiza o utiliza un gráfico $v-t$ se había hecho sobre las mismas ideas que ellos mismos manifestaban tener sobre las representaciones en general. Inmediatamente después, se propuso a los estudiantes la:

Actividad 2: La actividad (figura 3) plantea representar el mismo movimiento, en un gráfico $v-t$.

Actividad 2:
A partir de la representación presentada:
Graficar la velocidad del hombre en función del tiempo.

FIGURA 3: segunda actividad planteada.

Los estudiantes discutieron en grupos las respuestas a la actividad, y mientras lo hacían, ante las preguntas que surgían, se establecieron como supuestos que:

- inicialmente el hombre circula en su auto;
- el hombre ve el cactus antes de sobrepasarlo, y empieza a frenar;
- el hombre finalmente se queda detenido durante un tiempo.

Al momento de la puesta en común, los diferentes grupos presentaron en el pizarrón 3 ideas diferentes (ver Figura 4). De entre estas, la “verde” fue descartada por los alumnos mismos al interpretar que había un cambio de velocidad sin que transcurriera el tiempo. En el análisis surgió también que la “caída” del gráfico de la velocidad desde un valor a otro valor menor, debe ocurrir durante un lapso de tiempo

diferente de cero. En el mismo gráfico podían comparar situaciones en las cuales el móvil “frenaba” en más o en menos tiempo, o se encontraba detenido por lapsos más largos o más cortos. Los mismos estudiantes cuestionaban y advertían que este gráfico debía contener “todos” los valores intermedios de velocidad y que estos se daban en un lapso de tiempo no nulo.

De esta manera, continué con el trabajo, para extender el uso de los gráficos cartesianos a la descripción de la posición.

Actividad 3: Esta actividad se trabajó de manera similar a la anterior (Ver figura 5)

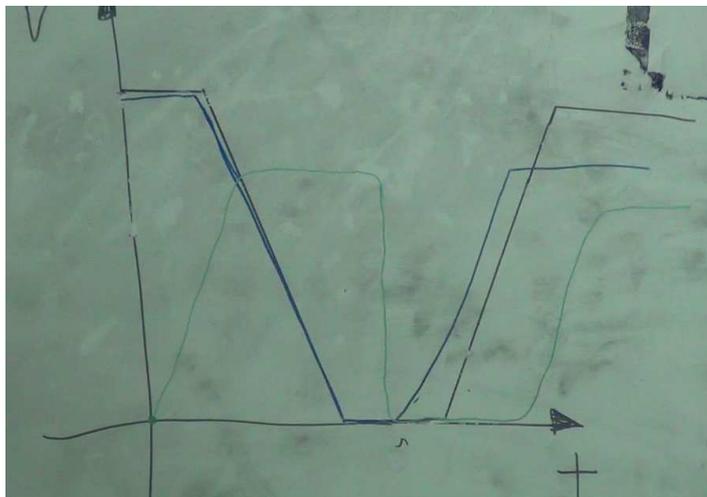


FIGURA 4: Propuestas de $v(t)$ de 3 grupos diferentes.

Actividad 3:

En grupos de no más de cuatro personas:

A partir del gráfico de la velocidad en función del tiempo que desarrollaron la clase pasada intenten realizar una representación de los cambios en la posición del hombre en función del tiempo teniendo en cuenta los siguientes datos.

- El auto circula por la carretera a 60 km/h.
- Tarda aproximadamente 10 segundos en detenerse completamente.
- Permanece 35 segundos tomando agua.

FIGURA 5: Consigna para la Actividad 3.

Antes de que los estudiantes comenzaran a trabajar en grupos, se dibujó en el pizarrón un sistema de ejes cartesianos, donde en vez de velocidad consideraríamos la posición.

Retomamos los supuestos que el movimiento a considerar era que el hombre va en el auto, luego frena y finalmente está detenido un tiempo. Mi expectativa era que aparecieran en sus presentaciones: el movimiento del móvil antes de ver el cactus, es decir, a velocidad constante (la máxima velocidad permitida en la ruta); el “frenado” desde que el automóvil ve el cactus y empieza a disminuir su velocidad hasta que logra detenerse por completo. Esperaba que los estudiantes fueran capaces de describir el frenado como una pendiente o una curva que “avanza” con el tiempo; y por último que detallaran algo sobre la situación del auto parado en la posición donde se encuentra el cactus. Los estudiantes entregaron las respuestas poco antes de terminar la clase, y a la clase siguiente puse a consideración de ellos los diferentes gráficos propuestos (Ver figura 6). Estos incluían sus propuestas para $x(t)$ y al mismo tiempo la $v(t)$ sobre la que habíamos trabajado.

Lo más destacable es que en la discusión, apareció claramente el cuestionamiento a la representación de la posición como una función “no derivable”¹ (primer gráfico en el extremo superior izquierdo). Los mismos estudiantes advertían y cuestionaban que una representación así entraba en conflicto con el valor de la velocidad durante el lapso de frenado. Esto imponía la necesidad de “curvar” las gráficas de $x(t)$ de alguna manera. Estas diferentes maneras de “curvar” la gráfica de $x(t)$ durante los lapsos en los que

¹ El término “no derivable” se utiliza en este texto para referir a ciertas características de los gráficos. No fue utilizado por los estudiantes, quienes no han tenido ninguna instrucción en relación al concepto de derivada.

cambia la velocidad, fue relacionada, en el gran grupo, con los diversos y complejos tipos de movimiento que pueden darse, aún para móviles que se mueven en una línea recta.

Esta discusión me permitió hacer un cierre de las mismas, en el cual quedaron explicitados los supuestos que subyacen a la consideración de que un móvil está animado de un Movimiento Rectilíneo Uniforme. Estas consideraciones se muestran en el gráfico que surgió durante la discusión y que fue consensuado por todo el grupo a medida que yo lo iba construyendo en la pizarra (Figura 7)

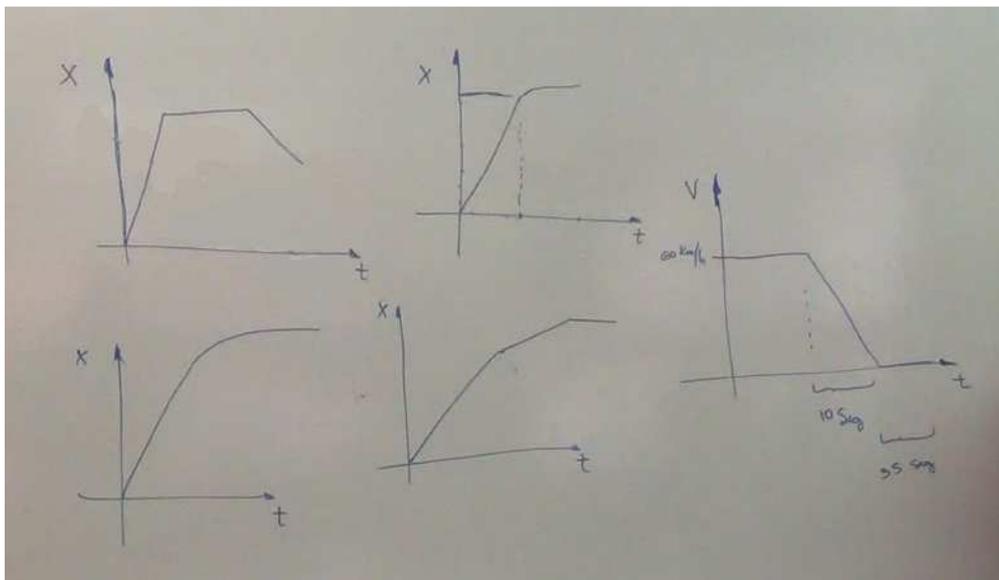


FIGURA 6: Cuatro propuestas de gráficos de $x(t)$ propuestas a y por los estudiantes en relación a una misma $v(t)$.

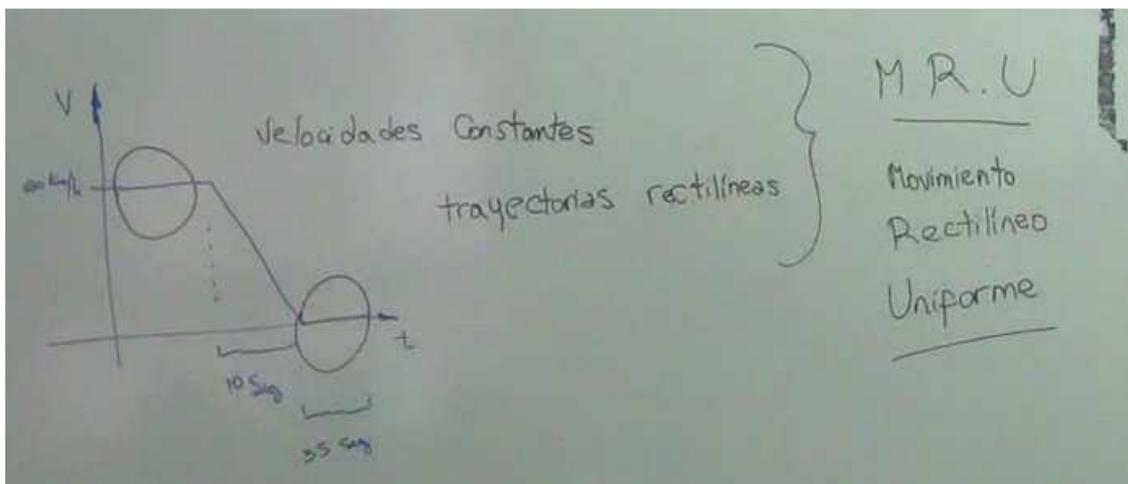


FIGURA 7: Presentación de las simplificaciones del M.R.U.

IV. CONCLUSIONES

Al comenzar la práctica me encontré frente a un importante desafío. El contenido que tenía que desarrollar en este tercer año era el de Movimiento Rectilíneo Uniforme. El problema al que me enfrentaba era desarrollar actividades que apelaran a los conocimientos previos de los estudiantes, a sus intuiciones y experiencias, referidas, básicamente a la relación $\Delta x = v \Delta t$, o $v = cte$. Estos contenidos parecían demasiado “simples” como para construirlos sobre las experiencias de los estudiantes. Las consideraciones al respecto con mis docentes me permitieron notar que en realidad, el M.R.U. no es “simple”, sino que es un recorte “simplificado” de la descripción de (algunos) movimientos, y fue así que para su enseñanza decidí comenzar apelando a las ideas de los estudiantes sobre cómo ocurren los movimientos para hacer explícita la simplificación que supone el M.R.U. En ese camino, necesariamente pasaríamos por la representación del movimiento y así advertíamos (mis docentes y yo) que estábamos

frente a un problema de enseñanza no trivial. Es muy común que los estudiantes secundarios, e incluso universitarios en cursos introductorios tengan dificultades para utilizar de manera fluida los gráficos de posición y velocidad para movimientos en una dimensión.

El trabajo durante la actividad I, posibilitó que los estudiantes abordaran la cuestión de la representación cartesiana utilizando todos los conocimientos que ellos ya tenían y que eran potencialmente útiles para entender este nuevo contenido. El primer resultado positivo de este abordaje es que los estudiantes incorporaron de manera natural esta nueva propuesta representacional, discutieron, contrastaron y consensuaron sus ideas al respecto y de esta manera el gráfico se constituyó prontamente en una herramienta para ayudarlos a pensar y analizar las situaciones físicas.

En segundo lugar, los mismos estudiantes eran quienes advertían rápidamente ciertas características de los gráficos incompatibles con movimientos reales, como por ejemplo el “gráfico verde” (figura 4) que representa un movimiento en el cual la velocidad cambia de manera discontinua.

En tercer lugar, si bien el objetivo era el de desarrollar el M.R.U., los estudiantes advirtieron y discutieron de manera espontánea algunas características esenciales de los gráficos (y las funciones) de posición en función del tiempo, $x(t)$, para movimientos unidimensionales. Estas discusiones, creo, constituyen una importante instancia de aprendizaje de los estudiantes. Estas discusiones sobre las características de las funciones de posición y velocidad para movimientos unidimensionales no redundan en aprendizajes referidos únicamente al M.R.U., y en particular serían para ellos una interesante plataforma de partida para abordar, luego de mi paso por el aula, el estudio del M.R.U.V. con la docente a cargo del curso.

Finalmente, y en relación al objetivo de definir y contextualizar el M.R.U., las dos clases utilizadas para trabajar estos contenidos permitieron definir M.R.U. de manera clara (para los estudiantes) y en lo posterior, no surgieron inconvenientes para tratar los problemas en los cuales los estudiantes tenían que resolver preguntas ni cuali, ni cuantitativas.

La última reflexión sobre estas actividades que se relatan aquí es la siguiente: Muchas veces los docentes de física han y hemos hecho uso de casos simplificados para iniciar el tratamiento de un contenido. Creo que es importante (para el que aprende), antes de analizar el caso simplificado, entender cuál es esa simplificación, qué recorte supone del problema real, y de esa manera saber también cuáles son las limitaciones de los resultados que en ese contexto se pueden obtener. En relación a la experiencia que relato, y tomando las palabras de uno de mis docentes “el foco estuvo puesto en un objetivo no trivial: que los estudiantes aprendieran, de manera significativa, qué decimos cuando decimos que un móvil está animado de M.R.U.”

REFERENCIAS

diSessa, A.A., Hammer, D., Sherin, B. (1991) Inventing graphing: Meta-representational expertise in children. *Journal of Mathematical Behavior*, 14, pp. 117-160.

Nieva, M.C. (2014). *Representaciones en MRU. Informe final de Metodología y Práctica de la Enseñanza. Facultad de Matemática, Astronomía y Física. UNC. Córdoba, Argentina: Fa.M.A.F.* (<http://www2.famaf.unc.edu.ar/institucional/biblioteca/trabajos/6287/17135.pdf>)