

***La comprensión conceptual y la resolución de problemas en
el aprendizaje de los conceptos de Desplazamiento,
Velocidad y Aceleración***

**Jorge Rosendo Flores Herrera, Mg. - Universidad Técnica de Manabí -
jrflores@utm.edu.ec**

**Carlos Onofre Briones Galarza, Mg. - Universidad de Guayaquil -
carlos.brionesga@ug.edu.ec**

**Enrique Javier Caballero Barros, Mg. - Universidad de Guayaquil - Universidad
Politécnica Salesiana - enrique.caballerob@ug.edu.ec**

EspiraLES revista multidisciplinaria de investigación
ISSN: 2550-6862
Vol. 2 No. 13
Febrero 2018

RESUMEN

El propósito de este estudio fue aplicar los procesos de comprensión conceptual y de resolución de problemas a los conceptos de las variables cinemáticas para mejorar el rendimiento de los estudiantes. Los sujetos fueron 82 estudiantes que están registrados en un curso de física para estudiantes de ingeniería. La edad de ellos está comprendida entre los 18 y 19 años, entre los cuales se cuentan 59 hombres y 25 mujeres. La tarea instruccional correspondió a la unidad de Cinemática de la Partícula en una Dimensión y los temas tratados fueron los conceptos de desplazamiento, velocidad media e instantánea y aceleración media e instantánea. El instrumento para medir el desempeño de los estudiantes fue una prueba de múltiple respuesta con 16 preguntas. El procedimiento seguido durante la intervención fue el siguiente: (1) Presentar la intervención al grupo experimental y al grupo de control el modelo tradicional (2) Administrar la prueba de desempeño. La prueba de Gosset aplicada dio un valor de $p < 0,035$ por lo tanto se acepta la hipótesis de investigación. Los resultados obtenidos se deben a la aplicación de las representaciones múltiples que enganchan al estudiante en el aprendizaje del concepto.

Palabras clave: Concepto, comprensión conceptual, resolución de problemas, representaciones múltiples, variables cinemáticas.

1. INTRODUCCIÓN

Los estudiantes registrados en los cursos de física que se ofrecen a las diferentes carreras de ingeniería logran un aprendizaje significativo cuando siguen en primer lugar el proceso de comprensión conceptual y luego el proceso de resolución de problemas. Sin embargo, algunos estudiantes comienzan con el segundo proceso, para lo cual se aprenden de memoria las fórmulas y los procedimientos de resolución de un problema, y aunque lo resuelven correctamente, lo hacen a expensas de la comprensión conceptual (Elby, 2009), (Mazur, 1997), (McMillan, 2006). En otras palabras, los estudiantes pueden resolver un problema, sin siquiera entender los conceptos relacionados con el mismo (Lawson, 1987).

Otro factor que impide la comprensión conceptual son las concepciones alternativas, las mismas que son construidas por los estudiantes para explicar los fenómenos naturales de una manera que no coincide con los hechos científicamente aceptados. La suma de estos factores no les permite alcanzar la comprensión conceptual y por ende la resolución de problemas.

Por lo tanto, el propósito de este estudio fue aplicar los procesos de comprensión conceptual y de resolución de problemas a los conceptos de las variables cinemáticas (desplazamiento, velocidad media e instantánea y aceleración media e instantánea), para mejorar el rendimiento de los estudiantes.

Comprensión conceptual

Para explicar la comprensión conceptual es necesario definir qué se entiende por concepto. J. Novak define un concepto "como una regularidad percibida (o patrón) en eventos u objetos, o registro de eventos u objetos, designados por un nombre" (Novak, 2008). A. L. Pines define un concepto como "paquetes de significados (que) capturan regularidades (similitudes y diferencias) patrones o relaciones entre objetos, eventos y otros conceptos" (West y Pines, 1985). D. Jonassen define un concepto "como representaciones mentales de categorías de objetos, u otras entidades" (Jonassen, 2006). En esencia, los tres coinciden en que un concepto se caracteriza por mostrar un patrón que tiene un significado y al cual las personas le dan una representación mental.

Los conceptos en general y los conceptos de la física en particular no son entidades aisladas, sino que están interconectados (Tsai, Chen, Chou y

Lain, 2008). Por ejemplo, el concepto de desplazamiento está interconectado con el concepto de velocidad y este a su vez con el concepto de aceleración.

Los conceptos de la física se construyen a partir de otros conceptos. Por ejemplo, el concepto de desplazamiento se construye a partir de los conceptos de partícula, posición y sistema de referencia, como puede observarse de su definición. El desplazamiento es el cambio de posición que experimenta una partícula con respecto a un sistema de referencia. Los conceptos de la física están organizados jerárquicamente (Reif, 2008). Por ejemplo, el orden y la secuencia son desplazamiento, velocidad media e instantánea y aceleración media e instantánea. Esto hace notar que el prerequisite para el concepto de velocidad es el desplazamiento y a su vez la velocidad es el prerequisite para el concepto de aceleración.

Los conceptos de la física se pueden describir cualitativamente o cuantitativamente. Por ejemplo, la descripción cualitativa del desplazamiento es el cambio de posición de un objeto desde la fuente hasta la meta. La descripción cuantitativa es equivalente a su definición operacional, esta última permite medirlo o calcularlo y lo que es más importante permite su representación matemática, la misma que se representa mediante una ecuación o fórmula.

La comprensión conceptual se “refiere a la comprensión del contenido y al significado de los conceptos con un énfasis en la comprensión cualitativa” (Mäntylä y Koponen, 2007). La comprensión conceptual se logra cuando los estudiantes se empoderan del concepto y por lo tanto pueden: (1) pensar en el concepto; (2) usar el concepto en la misma área del conocimiento; (3) usar el concepto en otras áreas del conocimiento; (4) encontrar una metáfora o una analogía para el concepto; (5) declarar la definición del concepto en sus propias palabras y (6) construir un modelo mental del concepto (Konicek-Moran y Keeley, 2015).

Modelos mentales

Los modelos mentales son representaciones analógicas de la realidad (Johnson-Laird, 1983). En otras palabras, los modelos mentales son modelos de trabajo de situaciones y eventos del mundo y que a través de su manipulación mental son capaces de comprender y explicar un fenómeno y son capaces de actuar de acuerdo con las predicciones resultantes (Greca y Moreira, 2009). Para asegurar la comprensión conceptual se puede utilizar el texto para comunicar la información básica y a partir de este punto los estudiantes formen un modelo mental coherente con la información presentada (Schnotz, 2009) de tal manera

que ellos se conviertan en niveles de análisis entre el fenómeno y el modelo matemático resultante (Nerssesian, 1992).

El uso de ilustraciones tales como diagramas, figuras y graficas son esenciales para construir los modelos mentales de cómo un sistema físico funciona (Mayer, 1993), (Mayer, 1997).

Representaciones externas múltiples

Para lograr una mejor comprensión conceptual es necesario que los conceptos sean significativos y que los profesores presenten al estudiante texto y figuras. Por lo tanto, el material de aprendizaje, textos y figuras tiene que ser conceptualmente claro y presentado con un mensaje relacionado al conocimiento del estudiante y a un ritmo que permita la comprensión por parte del estudiante (Weimer, 2015).

Los conceptos de la física se lo pueden presentar en diferentes formas para que éste sea asimilado de manera correcta por los estudiantes y logre la comprensión conceptual. La primera es la representación verbal que en este caso corresponde a la definición del concepto. La segunda es la representación pictórica que es un diagrama que muestra la situación en que la se encuentra el concepto. La tercera es la representación matemática que es la ecuación matemática que describe el concepto, pasando primero por la demostración de la misma. Otras representaciones son la representación gráfica y simbólica (Knight, 2008).

Evaluación formativa

La evaluación formativa es el uso de los procesos de evaluación, materiales y resultados para mejorar calidad del aprendizaje de los estudiantes mediante una retroalimentación efectiva durante la presentación de una clase (Sadler, 1989). En tanto que la evaluación sumativa es la que juzga el aprovechamiento del estudiante al final de una unidad de estudio.

La retroalimentación es la componente clave en la evaluación formativa (Black y William, 1998) y además, es un método que anima a los estudiantes a participar más activamente en las clases (Black y William, 2009).

Modelo de la intervención

El modelo de la intervención consta de las siguientes fases: La fase pre-instruccional, la fase instruccional y la fase de evaluación.

La fase pre-instruccional comprende la presentación de los objetivos instruccionales a los estudiantes.

La fase instruccional abarca la presentación del contenido de la clase. Esta actividad comprende la presentación de la representación verbal del concepto y la activación del conocimiento previo, la presentación de la representación pictórica y finalmente la presentación de la representación matemática mediante la demostración de la expresión matemática del concepto bajo estudio y la aplicación del concepto en la resolución de problemas utilizando diferentes contextos, promoviendo la transferencia del concepto a otros contextos.

La fase de evaluación que comprende la evaluación formativa del aprendizaje de los estudiantes y la evaluación sumativa del aprendizaje de los estudiantes.

Este modelo de intervención está fundamentado en como las personas aprenden: (1) Los estudiantes aprenden relacionando a la información nueva con los conocimientos previos que ellos tienen. (2) Los estudiantes están motivados para aprender cuando ellos establecen sus metas instruccionales y tienen el control de su propio aprendizaje. (3) Los estudiantes para aprender a razonar y resolver problemas necesitan aprender los conceptos centrales de la disciplina. (4) Los estudiantes están motivados para aprender cuando pueden reflexionar sobre su progreso (National Research Council, 2000).

Hipótesis

La hipótesis de investigación es: Aquellos estudiantes a los cuales se aplica la intervención tienen mejor desempeño que aquellos estudiantes a los cuales no se aplica la intervención.

La hipótesis nula es: Aquellos estudiantes a los cuales se aplica la intervención tienen el mismo desempeño de aquellos estudiantes a los cuales no se aplica la intervención.

Importancia del estudio

Es útil, tanto por razones teóricas como prácticas, investigar como la comprensión conceptual mejora el rendimiento de los estudiantes. Por el

lado teórico, este estudio provee evidencia experimental directa de como aprenden los estudiantes. Por el lado práctico aplicar las representaciones múltiples en la comprensión conceptual para mejorar el aprendizaje de la física ayuda a los estudiantes a resolver los problemas. Los problemas de cinemática requieren que los estudiantes hagan uso de habilidades espaciales para resolver los mismos. La habilidad de construir e interpretar gráficos es una habilidad básica del científico ya que ellos la requieren para mostrar los resultados de la experimentación (Beichner, 1994).

2. METODOLOGÍA

Sujetos

Los sujetos fueron 84 estudiantes, entre los cuales se cuentan 59 hombres y 25 mujeres. Ellos están registrados en un curso de Física para las carreras de Ingeniería. La edad de ellos está comprendida entre los 18 y 19 años.

Tareas y materiales instruccionales

La tarea instruccional corresponde a la unidad de Cinemática de la partícula en una dimensión y los temas tratados fueron los conceptos de desplazamiento, velocidad media e instantánea y aceleración media e instantánea. En el Anexo A se muestra el contenido del desplazamiento.

Instrumentos

El instrumento para medir el desempeño de los estudiantes fue una prueba de múltiple respuesta con 16 preguntas.

Procedimiento

El procedimiento seguido durante la intervención fue el siguiente: (1) Presentar al grupo experimental la intervención y al grupo de control impartir la clase de acuerdo al modelo tradicional. El contenido y los problemas propuestos fueron los mismos para ambos grupos, lo único que vario fue la manera de presentarlos. (2) Administrar la prueba de conocimientos tanto al grupo experimental como de control. La prueba de conocimientos fue la misma para ambos grupos.

Análisis de datos

El análisis estadístico aplicado en esta investigación fue la prueba de Gosset con un nivel de significación $p < 0,05$.

3. RESULTADOS

Hipótesis

En la Tabla 1 se muestran los resultados de la prueba de desempeño administrada al grupo experimental y de control.

Tabla 1. Datos estadísticos de la prueba de desempeño

Grupo	Número	Media	Desviación Estándar
Experimental	42	3,88	1,33
Control	42	3,22	1,49

La prueba de Gosset dio un valor de $p < 0.035$ por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de investigación.

4. CONCLUSIONES

Este estudio probó la hipótesis de que los estudiantes que reciben la instrucción utilizando las representaciones múltiples tienen mayor rendimiento que aquellos que no la reciben. Los resultados de este estudio pueden atribuirse a que la enseñanza de las representaciones múltiples promueve la comprensión antes que la memorización (Thomas, 2008).

Los resultados del aprendizaje de este estudio se complementan con los de (Bergey, Cromley y Newcombe, 2015) en la que los estudiantes coordinan textos con gráficos.

En vista de los resultados obtenidos se recomienda aplicar la intervención no sólo en física, sino también en biología, química, matemática y las asignaturas propias de la ingeniería.

El estudio que fue realizado en una universidad pública ecuatoriana se recomienda se lo haga en una universidad privada y como se mencionó anteriormente que extienda a otras disciplinas. Finalmente, este estudio

puede tener un mayor impacto si es que se utilizan las tecnologías de la información y comunicación, tales como animaciones y simulaciones. Se pueden utilizar otras variables tales como la edad, sexo en grupos para aplicar la comprensión conceptual.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Beichner, R. (1994). Testing student interpretation of kinematics graphs. *American Journal of Physics*. 62(8).

Bergey, B; Cromley, J. & Newcombe, N. (2015). Teaching high school biology students to coordinate text and diagrams. Relation with transfer, effort, and spatial skills. *International Journal of Science Education*. 37, 2476-2502.

Black, P. & William, D. (1998). Assessment and classroom learning. *Assessment in Education*. 5(1), 7-74.

Black, P. & William, D. (2009). Developing a theory of formative assessment. *Education, Assessment, Evaluation, and Accountability*. 21, 5-31.

Elby, A. (2009). Another reason that students learn by rote. *Physics Education Research*. 67(7), 852-857.

Greca, I. & Moreira, M. (2009). Mental models, conceptual models, and modelling. *International Journal of Science Education*. 22(1), 1-11.

Johnson-Laird, P. (1983). *Mental models: Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Jonassen, D. (2006). On the role of concept learning and instructional design. *Educational Technology Research and Development*. 54(2), 177-196.

Knight, R. (2008). *Using multiple representations to understand energy*. En D. Gende (Ed.) *Multiple representation of knowledge: Mechanics and energy*. College Board.

Konicek-Moran, R. & Keeley, P. (2015). *Teaching for conceptual understanding in science*. Arlington, VA: NSTA Press.

Lawson, R. & McDermott, L. (1987). Students understanding of the work-energy and impulse-momentum theorems. *American Journal of Physics*. 55(9), 811-817.

Mäntylä, T. & Koponen, I. (2007). Understanding the role of measurements in creating physical quantities: A case study of learning to quantify temperature in physics teacher education. *Science and Education*. 16, 291-311.

Mayer, R. (1993). *Illustrations that instruct*. En R. Glaser (Ed.) Advances in instructional psychology. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Mayer, R. (1997). Multimedia in learning: Are we asking the right question? *Educational Psychology*, 32(1), 1-19.

Mazur, E. (1997). *Peer instruction: A user's manual*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

McMillan, C. & M. Swadener. (2006). Novice use of qualitative versus quantitative problem solving in electrostatics. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(8), 661-670.

National Research Council (2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. Washington. DC, National Academy Press.

Nersessian, N. (1992). *How do scientists think? Capturing the dynamic of conceptual change*. En R. Giere. (Ed.) Cognitive models of science. Minneapolis, MN: University Press.

Novak, J. & Cañas, A. (2008). The theory underlying concepts maps and how to construct and use them. Technical report IHMC Cmap Tools 2006-01 Rev 01-2008.

Pines, A. (1985). *Toward a taxonomy of conceptual relations and the implications for the evaluation of cognitive structures*. En L. West & A. Pines (Eds.), Cognitive structures and conceptual change, New York: Academic Press.

Reif, F. (2008). *Applying cognitive science to education: Thinking and learning in scientific and other complex domains*. Cambridge, MA: The MIT Press.

Sadler, D. (1989). Formative assessment and the design of systems. *Instructional Science*. 18(2), 119-144.

Tsai, C; Chen, H; Chou, C & Lain, K. (2007). Current as the key concept of Taiwanese students' understanding of electric circuits. *International Journal of Science Education*. 29(4), 483-496.

Schnotz, W. (2009). *An integrated model of text and picture comprehension*. En R. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.

Thomas, M. (2008). *Conceptual representations and versatile mathematical thinking*. En M. Niss (Ed.) *ICMI-10 proceedings and regular lectures*, Copenhagen, Denmark.

Weimer, M. (2015). Are we clear? Tips for crafting better explanations. Recuperado de <http://www.facultyfocus.com/articles/teachin-professorblog/are-we-clear-tips-for-crafting-better-explanations/>

ANEXO

PRUEBA DE ENTRADA Y SALIDA

Las preguntas del 1 a la 16 valen 0.625 puntos. Total 10 Puntos

1) Un camión está desacelerando. Un paquete se deja caer desde el punto medio del techo del compartimiento de almacenamiento del camión. El paquete llega al suelo

- A) inmediatamente por debajo del punto medio del techo.
- B) más cerca de la parte trasera del camión que el punto medio.
- C) más cerca de la parte delantera del camión que el punto medio.
- D) la respuesta depende de la desaceleración del camión.

2) Cuando usted suelta una pelota, ésta acelera hacia abajo a 9.8 m/s^2 . Si en lugar de soltarla, usted la lanza hacia abajo, entonces su aceleración inmediatamente después de salir de la mano, suponiendo que no hay resistencia del aire, es

- A) 9.8 m/s^2 .
- B) más de 9.8 m/s^2 .
- C) menos de 9.8 m/s^2 .
- D) no se puede decir, a menos que se conozca la velocidad del tiro

3) Una bala de cañón se dispara horizontalmente a 10 m/s desde un acantilado. Su rapidez después de un segundo de ser disparada es aproximadamente

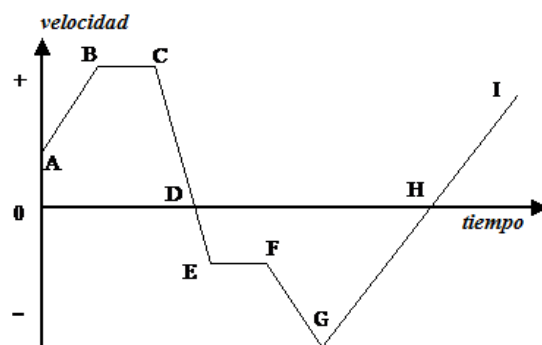
- A) 10 m/s .
- B) 14 m/s .
- C) 16 m/s .
- D) 20 m/s .

4) Un auto viaja 90 metros hacia el norte en 15 segundos. Luego el auto se da la vuelta y viaja 40 metros hacia al sur en 5.0 segundos. ¿Cuál es la magnitud de la velocidad media del auto durante este intervalo de tiempo?

- A) 2.5 m/s
- B) 5.0 m/s
- C) 6.5 m/s
- D) 7.0 m/s

5) Una partícula se mueve en línea recta de acuerdo con la gráfica adjunta. ¿En qué intervalos de tiempo tiene la partícula movimiento desacelerado?

- A) C a D; D a E y F a G
- B) C a D y G a H
- C) D a E y F a G
- D) D a E; F a G y G a H



6) ¿Puede cambiar de dirección la velocidad de un objeto cuando su aceleración es constante?

- A) No, esto no es posible porque siempre se está acelerando.
- B) No, esto no es posible porque siempre se está acelerando o frenando, pero nunca puede dar la vuelta.
- C) Sí, esto es posible, una piedra lanzada hacia arriba es un ejemplo.
- D) Sí, esto es posible, un auto que parte del reposo, acelera, frena hasta detenerse, y luego regresa es un ejemplo.

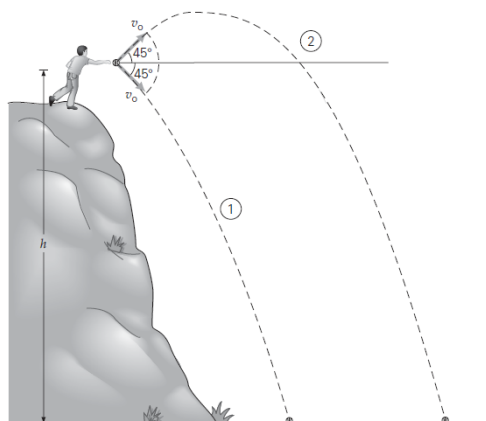
7) Suponga que una pelota es lanzada hacia arriba, alcanza una altura máxima y luego cae a su altura inicial. ¿Qué ocurre con la dirección de la velocidad y la aceleración cuando la pelota está subiendo?

- A) Tanto su velocidad y su aceleración apuntan hacia arriba.
- B) Su velocidad apunta hacia arriba y su aceleración apunta hacia abajo.
- C) Su velocidad apunta hacia abajo y su aceleración apunta hacia arriba.
- D) Tanto su velocidad y su aceleración apuntan hacia abajo.

8) Suponga que una pelota es lanzada hacia arriba, alcanza una altura máxima y luego cae a su altura inicial. ¿Qué ocurre con la dirección de la velocidad y la aceleración cuando la pelota está bajando?

- A) Tanto su velocidad y su aceleración apuntan hacia arriba.
- B) Su velocidad apunta hacia arriba y su aceleración apunta hacia abajo.
- C) Su velocidad apunta hacia abajo y su aceleración apunta hacia arriba.
- D) Tanto su velocidad y su aceleración apuntan hacia abajo.

9) Considere dos pelotas, ambas lanzadas con la misma rapidez inicial v_0 pero con un ángulo de 45° arriba de la horizontal y la otra con un ángulo de 45° abajo de la horizontal. ¿Cuál pelota llega al suelo con mayor rapidez?



- A) La pelota proyectada hacia arriba.
- B) La pelota proyectada hacia abajo.
- C) Ambas pelotas tienen la misma rapidez.
- D) No se sabe pues depende de la masa de las pelotas.

10) Diego y Juan realizaron el mismo recorrido de 600 km a lo largo de un camino recto. Diego viajó la mitad de la distancia a 50 km/h, y la otra mitad a 100 km/h. Juan viajó durante la mitad de su tiempo total de viaje a 50 km/h, y el tiempo restante a 100 km/h. ¿Quién llegó primero, y por qué margen de tiempo?

- A) Ambos llegaron al mismo tiempo.
- B) Diego llegó 1.0 h antes que Juan.
- C) Diego llegó 0.10 h antes que Juan.
- D) Juan llegó 1.0 hora antes que Diego.
- E) Juan llegó 0.10 h antes que Diego.

***11) Una partícula comienza a moverse desde el reposo en un punto a +10 metros desde el origen en el tiempo $t = 0$, y comienza a acelerar constantemente a 2 m/s^2 en la dirección negativa. En el tiempo $t = 4$ segundos, la partícula ha alcanzado una cierta rapidez; deja de acelerar, y continúa viajando con la misma rapidez hasta $t = 7$ segundos. ¿Cuál es su posición en relación con el origen en $t = 7$ segundos?**

- A) -6 m
- B) -30 m
- C) -8 m
- D) -40 m
- E) -59

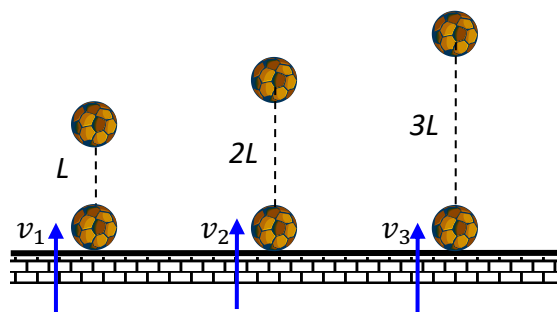
***12) Un cuerpo parte con una velocidad igual de 20 m/s y después de 30 segundos su velocidad es de -10 m/s . Suponiendo que el cuerpo se mueve con aceleración constante, la distancia total recorrida por el cuerpo es:**

A	B	C	D	E
150 m	250 m	300 m	350 m	200 m

***13) Un estudiante primero está corriendo hacia el norte a una velocidad constante de magnitud v . Después de t segundos, vira hacia el este y corre a una velocidad constante de la misma magnitud v por otros $2t$ segundos. ¿Cuál es la magnitud de su velocidad media durante todo el viaje?**

A	B	C	D	E
$\frac{5v}{3}$	$\frac{v\sqrt{5}}{2}$	$\frac{18v}{4}$	$\frac{v\sqrt{5}}{3}$	$\frac{5v}{2}$

***14) Si A, B y C son puntos de altura máxima, hallar la relación de rapidezces iniciales v_1 , v_2 y v_3**



- a) $\frac{v_1}{3} = \frac{v_2}{2} = \frac{v_3}{4}$ b) $\frac{v_1}{\sqrt{2}} = \frac{v_2}{\sqrt{3}} = \frac{v_3}{2}$ c) $v_1 = \frac{v_2}{2} = \frac{v_3}{3}$ d) $v_1 = \frac{v_2}{3} = \frac{v_3}{5}$ e) $\frac{v_1}{2} = \frac{v_2}{3} = v_3$

***15) Una pequeña lancha pone rumbo hacia un puerto que está a 32 km hacia el NO de su posición inicial. El capitán mantiene el rumbo al NO y una velocidad relativa al agua de 10 km/h. Tres horas más tarde el capitán observa que se encuentra exactamente 4km al sur del puerto. ¿Cuál es la velocidad media de la corriente del agua?**

- A) 1.75 km/h
- B) 0.98 km/h
- C) 0.5 km/h
- D) 2 km/h

***16) El movimiento de una partícula en línea recta está dado por la ecuación: $x = -5 + 6t - 7t^2$, donde x está en metros y t en segundos. ¿Cuál es el desplazamiento de la partícula entre $t = 0$ y $t = 2$ segundos?**

A	B	C	D	E
10 m	16 m	-16 m	-21 m	-5 m