

## (Guía del estudiante)

**Título:** Describiendo el movimiento: Estudio de la cinemática-Parte II

**Autor:** Prof. Héctor A. Reyes Medina

**Materia/Nivel:** Ciencia 7 - 9

**Objetivo general:** Definir, clarificar y establecer diferencias entre algunos de los conceptos de la mecánica descritos por la cinemática utilizando materiales de bajo costo y la calculadora gráfica TI-84 *Plus*.

**Objetivos específicos:**

Durante la actividad, los estudiantes:

- Definirán los conceptos: rapidez, rapidez promedio, rapidez constante, velocidad, velocidad constante y aceleración.
- Organizarán datos experimentales en tablas.
- Utilizarán la calculadora gráfica TI-84 Plus para interpretar datos y valores representados en la gráfica.
- Construirán graficas de la velocidad y la aceleración de diferentes objetos.
- Clarificarán sus concepciones previas acerca de los conceptos rapidez, rapidez promedio, rapidez constante, velocidad, velocidad constante y aceleración.
- Establecerán diferencias entre los conceptos rapidez, rapidez promedio, rapidez constante, velocidad, velocidad constante y aceleración.
- Resolverán ejercicios relacionados a los conceptos rapidez promedio, rapidez constante, velocidad, velocidad constante y aceleración.
- Calcularán utilizando un sistema de ecuaciones la aceleración de un objeto que cae.

**Tiempo sugerido:** 4 periodos de clase (aproximadamente)

**Materiales y equipo:**

- Guía del estudiante para cada alumno.
- Guía del maestro para el profesor.
- Calculadora gráfica TI - 84 Plus para cada grupo.
- 1 ticómetro por grupo
- 1 rollo de cinta adhesiva "masking tape" por grupo
- papel de computadora
- 1 paquete de marcadores permanentes por grupo
- 1 regla de 30 centímetros por grupo

- 1 carrito de batería
- 2 tiras de papel para ticómetro de 3 o 5 cm de ancho y 1 m de largo
- 1 disco de papel carbón de 8 cm de ancho.

## Introducción:

### Estudio de la mecánica

Para que exista movimiento tiene que haber, no importando quién o qué lo cause, desplazamiento o una distancia recorrida. Para que haya movimiento, un objeto o cuerpo debe experimentar un cambio en posición en el espacio, con respecto a si mismo o a otro objeto que se tome como referencia. Para que podamos estudiar ese movimiento, es necesario determinar la posición del objeto o cuerpo en el espacio en función del tiempo. Para describir este movimiento es necesario un marco o sistema de referencia.

Resulta interesante, que si observamos los objetos, los muebles, las casas y los edificios en la Tierra, los vemos inmóviles. Sin embargo, todas esas cosas están en constante movimiento, ya que se encuentran en la Tierra y ésta se mueve alrededor de su propio eje y del Sol. La explicación a esto se debe a que estamos ubicados en la Tierra misma. Pero, si nos ubicáramos en el espacio, podríamos percibir que la Tierra se mueve alrededor de su eje y que rota alrededor del Sol. Este mismo efecto ocurre cuando vamos en un automóvil a 55 millas por hora en la autopista. Si miramos cualquier otro vehículo que vaya a nuestro lado, veremos que las personas no se mueven. Sin embargo, en el ejemplo propuesto, si alguien está estacionado en el paseo de la autopista y observa los autos, puede ver que los autos van a una rapidez considerada. Por lo tanto, estos ejemplos nos permiten explicar que el movimiento es relativo al sistema de referencia utilizado.

Cuán rápido van esos vehículos también es estudiado por la mecánica. La rapidez se puede definir como la relación entre la distancia recorrida por un cuerpo u objeto y el tiempo empleado en recorrerla, sin importar la dirección en que realice ese movimiento. Por lo tanto, la rapidez se refiere a cuán lejos un objeto viaja en un intervalo de tiempo dado, sin considerar su dirección. Aunque en el lenguaje ordinario los términos rapidez y velocidad se utilizan indistintamente, en física se distinguen uno del otro. La rapidez es un simple número positivo con sus unidades. Sin embargo, la velocidad se utiliza para establecer numéricamente cuán rápido se mueve un objeto y en qué dirección se está moviendo.

Lo mencionado implica, que la rapidez es una cantidad escalar ya que solamente posee magnitud. Por otro lado, la velocidad tiene carácter vectorial. Por lo tanto, la velocidad posee magnitud y dirección. Resulta importante recalcar que aunque la rapidez y la velocidad no son iguales, poseen unidades similares.

Una segunda diferencia importante entre la rapidez y la velocidad es la siguiente:

La rapidez promedio de un objeto se define como la distancia de la trayectoria total dividida entre la cantidad de tiempo que le toma viajar esa distancia total.

$$\text{rapidez promedio} = \frac{\text{distancia viajada}}{\text{tiempo transcurrido}}$$

A diferencia de la rapidez, la velocidad promedio se define en términos de desplazamiento.

$$\text{velocidad promedio} = \frac{\text{desplazamiento}}{\text{tiempo transcurrido}} = \frac{\text{posición final} - \text{posición inicial}}{\text{tiempo transcurrido}}$$

Por lo tanto, la rapidez promedio y la velocidad promedio pueden tener la misma magnitud cuando el movimiento es totalmente en una sola dirección o diferentes si la distancia total recorrida es distinta al desplazamiento.

Finalmente la rapidez o velocidad pueden ser constantes o variables. Una rapidez o velocidad constante implica que no varían en lo absoluto. Cuando hablamos de la rapidez o velocidad promedio estamos estableciendo que la rapidez o la velocidad son variables, o sea, no constantes. Esto se debe a que en la vida cotidiana, la mayoría de los movimientos que observamos no son a velocidad o rapidez constante, ya que ésta varía aumentando o disminuyendo, como lo hace un autobús de pasajeros, un automóvil en la carretera, entre otros.

### **Dimensiones y Análisis Dimensional:**

Cuando hablamos de dimensión de una cantidad nos referimos al tipo de unidad. Por ejemplo, las dimensiones del área son largo x ancho, o sea dos longitudes al cuadrado. Esto se abrevia de la siguiente manera  $[L^2]$ . Utilizando los corchetes  $[ ]$  las unidades para un área pueden ser metros<sup>2</sup>, pies<sup>2</sup>, centímetros<sup>2</sup> y cualquier otra unidad de longitud. Otro ejemplo sería la velocidad. La velocidad se puede medir en unidades de km/h, m/s o mi/h. Por lo tanto, sus dimensiones siempre están compuestas una longitud  $[L]$  dividida por el tiempo  $[T]$ , esto es  $[L/T]$ .

En el caso del área, si tomamos un triángulo o un círculo, aunque sus fórmulas son distintas, las dimensiones en ambos casos son iguales.

$$\Delta \text{Triángulo: } A = \frac{1}{2} \text{ base} \times \text{altura: } A = \frac{1}{2} bh: [L^2]$$

$$\bigcirc \text{Círculo: } A = \pi \times \text{radio}^2: A = \pi r^2: [L^2]$$

Este conocimiento es valiosísimo al momento de establecer si las relaciones en una ecuación matemática son correctas.

Por ejemplo, asumamos que derivamos la siguiente ecuación

$$v = v_0 + \frac{1}{2}at^2$$

Para realizar un análisis dimensional escribimos todas las dimensiones en un lado y el otro de la ecuación y verificamos si son equivalentes.  $\frac{[L]}{[T]} = \frac{[L]}{[T]} + \frac{[L]}{[T^2]}[T^2]$

Las dimensiones son incorrectas ya que si reducimos matemáticamente el lado derecho de la ecuación no obtendremos lo mismo que en el lado izquierdo.

$$\frac{[L]}{[T]} \neq \frac{[L]}{[T]} + [L]$$

Otro ejemplo sería el siguiente. Asumamos que no podemos recordar si la ecuación para determinar la longitud de un péndulo simple es ésta  $T = 2\pi\sqrt{l/g}$  o ésta  $T = 2\pi\sqrt{g/l}$

Para resolver el problema realicemos un análisis dimensional de ambas ecuaciones.

1.  $T = 2\pi\sqrt{l/g}$  del análisis dimensional obtenemos lo siguiente  $T = \sqrt{\frac{[L]}{[L/T^2]}} = \sqrt{T^2} = T$

2.  $T = 2\pi\sqrt{g/l}$  con esta ecuación obtenemos lo siguiente  $T \neq \sqrt{\frac{[L/T^2]}{[L]}} = \sqrt{1/[T^2]} = 1/[T]$

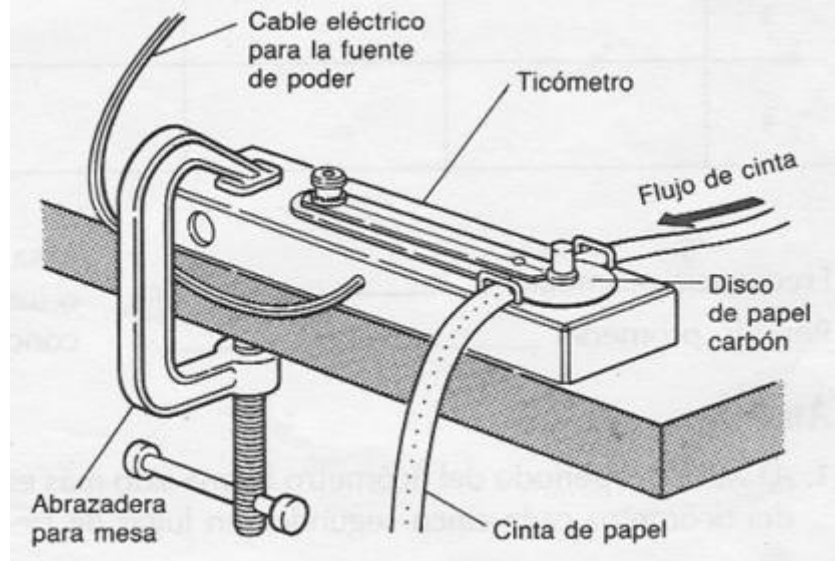
Por lo tanto, la relación correcta es la primera. Note que  $2\pi$  no posee dimensiones.

## Actividad I: Diferencias entre la rapidez y la velocidad promedio

El propósito de esta actividad es determinar cuál es la rapidez y la velocidad promedio de un carrito de baterías. Además, se establecerá la diferencia entre los conceptos rapidez y velocidad.

### Pasos para realizar la actividad:

1. Cada grupo de trabajo debe tener los siguientes materiales:
  - lápices
  - papel de computadora en blanco
  - 1 ticómetro
  - 1 cronómetro con segundero
  - cinta adhesiva
  - 1 carrito de baterías
  - 1 regla de 30 centímetros
  - 2 tiras de papel en blanco (de la cinta que se utiliza para el ticómetro, de 3 ó 5 cm de ancho y 1 m de largo)
  - 1 disco de papel carbón de 8 cm de ancho
  - 1 marcador de punta mediana
2. Divida los alumnos en subgrupos de dos o tres estudiantes.
3. Ubique el ticómetro en una superficie plana (el piso o la mesa)



4. Coloque la cinta de papel en el ticómetro como le mostrará el profesor. La tira debe quedar debajo de la arandela y entre la arandela y la tira se debe colocar el disco de papel carbón. Cerciérese que el disco de carbón imprima hacia abajo, o sea,

hacia la tira de papel. (El profesor debe ir grupo por grupo verificando el montaje de los equipos)

5. Pegue con cinta adhesiva la punta de la tira de papel al extremo trasero del carrito, ya que éste se alejará del ticómetro.
6. Mientras un estudiante toma el tiempo, otro prenderá el carrito y lo soltará.
7. Luego que la cinta quedó marcada por el papel carbón y el ticómetro, los estudiantes pasarán a organizar los datos experimentales.
8. Con un marcador oscurezca bien las marcas que dejó el ticómetro en la tira de papel (las marcas iniciales que no se puedan interpretar no las utilice).
9. Compare una al lado de la otra, la tira de papel marcada con la regla que posee escala de centímetros. Utilice centímetros, no use pulgadas, ¿por qué?
10. Cada distancia corresponderá a una letra. Por lo tanto, la distancia inicial que corresponde a una medida de 0 cm será la letra A y así sucesivamente.
11. Los estudiantes anotarán los datos en la Tabla 1 de la Hoja de Trabajo #1 y contestarán las preguntas que se indican.

## Hoja de trabajo #1

### Actividad I: Diferencias entre la rapidez y la velocidad promedio

Tabla 1: Recopilación de datos

Punto	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Tiempo en tics												
Posición en cm												

A partir de la experiencia de esta actividad, contesta las siguientes preguntas:

1. ¿Cuál es el marco de referencia? ¿De qué forma podemos representar ese marco de referencia?
2. ¿Qué tendencia podemos percibir si graficamos los datos?
3. ¿Qué movimiento podríamos predecir a base de la tendencia descrita por los puntos?
4. Para determinar la rapidez promedio, ¿qué debemos conocer?

5. ¿Cuáles serán las unidades de la rapidez?
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
6. Para determinar la velocidad promedio, ¿qué debemos conocer?
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
7. ¿Cuáles son los valores de la rapidez y la velocidad promedio? Recuerde que el carro se aleja del ticómetro.
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
8. ¿Cuál es la diferencia conceptual más importante que hemos aprendido en esta actividad?



## Hoja de trabajo #2 Ejercicios de Práctica

Con estos ejercicios se puede corroborar si están claros los conceptos rapidez promedio, velocidad promedio y sus diferencias.

### Ejercicio I:

Una persona camina 70 metros a la derecha, luego 30 a la izquierda. Esta caminata le tomó 70 segundos al individuo. ¿Cuál es la rapidez promedio con la que caminó el individuo? ¿Cuál es la velocidad con que caminó el individuo?

### Ejercicio II:

La posición de un corredor en función del tiempo se puede diagramar a través del eje de  $x$  en un sistema de coordenadas. Durante un intervalo de tiempo de 3.00 s, el corredor cambia de posición de  $x_1 = 50.0$  m a  $x_2 = 30.5$  m. Diagrame el movimiento del corredor. Luego conteste, ¿cuál será la velocidad promedio del corredor?

### Ejercicio III:

¿Cuán lejos puede una ciclista desplazarse en 2.5h a través de una carretera derecha si su velocidad promedio es de 18km/h?

La fórmula que tendrá que despejar es la siguiente:  $\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta \tau} = \frac{x_2 - x_1}{\tau_2 - \tau_1}$

**Estableciendo la aceleración cuando la velocidad cambia:**

Cuando observamos un objeto que se mueve y cuya velocidad va cambiando, decimos en física que ese objeto está acelerando. Por ejemplo, un automóvil cuya velocidad crece en magnitud de 0 a 80 km/h se está acelerando. Por lo tanto, la aceleración nos determina cuán rápido cambia la velocidad de un objeto. En otras palabras la aceleración se podría definir como el cambio en velocidad dividido entre el tiempo que tomó realizarse dicho cambio.

$$\text{aceleración promedio} = \frac{\text{cambio en velocidad}}{\text{tiempo transcurrido}}$$

La fórmula para obtener la aceleración es la siguiente:  $\bar{\alpha} = \frac{\Delta v}{\Delta \tau} = \frac{v_2 - v_1}{\tau_2 - \tau_1}$

Al igual que la velocidad la aceleración es una cantidad vectorial. Por lo tanto, para trabajar con la aceleración en una sola dimensión, sólo debemos indicar su dirección cambiando el signo a positivo o a negativo. Esto es relativo al sistema de coordenadas que establezcamos.

Para obtener en la actividad la aceleración promedio, debemos entender que la aceleración es una magnitud que nos da el cambio de velocidad de un objeto con respecto al tiempo. Por lo tanto, se puede determinar siguiendo el mismo procedimiento que se ha empleado para determinar la velocidad.

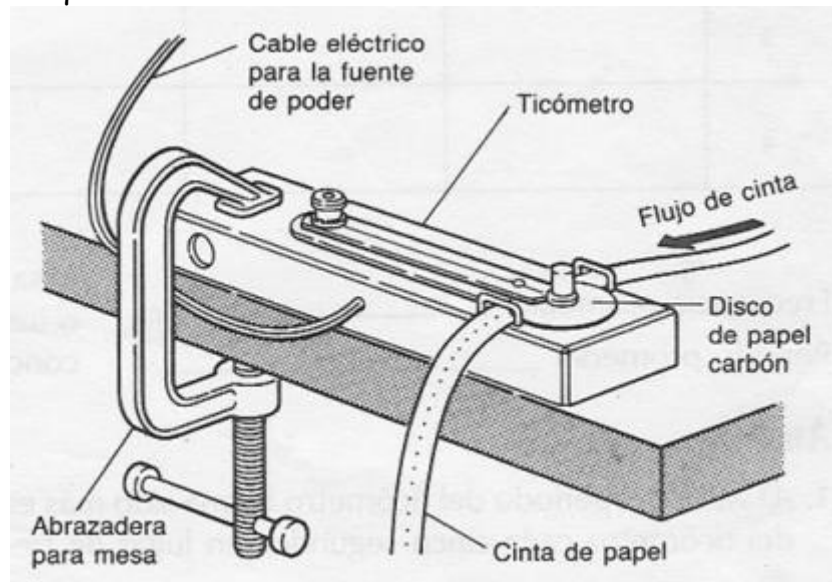
Podemos obtener de los datos experimentales la velocidad inicial, la velocidad final y los valores de tiempo inicial y final. ¿Podremos matemáticamente determinar el valor de la aceleración sin tener los valores experimentales?

## Actividad II: La aceleración cuando un objeto cae libremente:

El propósito de esta actividad es determinar la aceleración cuando un objeto cae libremente.

### Pasos para realizar la actividad:

1. Cada grupo de trabajo debe tener los siguientes materiales:
  - lápices
  - papel de computadora en blanco
  - 1 ticómetro
  - 1 cronómetro con segundero
  - cinta adhesiva
  - 1 objeto que no rebote (preferiblemente un pedazo de plasticina)
  - 1 regla de 30 centímetros
  - 2 tiras de papel en blanco (de la cinta que se utiliza para el ticómetro, de 3 ó 5 cm de ancho y 1 m de largo)
  - 1 disco de papel carbón de 8 cm de ancho
  - 1 marcador de punta mediana
2. Divida los alumnos en subgrupos de dos o tres estudiantes.
3. Ubique el ticómetro en una mesa.



4. Coloque la cinta de papel en el ticómetro como le mostrará el profesor. La tira debe quedar debajo de la arandela y entre la arandela y la tira se debe colocar el disco de papel carbón. Cerciérese que el disco de carbón imprima hacia abajo, o sea, hacia la tira de papel.

5. Pegue con cinta adhesiva a la tira de papel que marcará el ticómetro con el pedazo de plasticina u objeto que dejará caer. Recuerde que el objeto caerá libremente alejándose del ticómetro.
6. Mientras un estudiante toma el tiempo, otro soltará el objeto en caída libre.
7. Luego que la cinta quedó marcada por el papel carbón y el ticómetro los estudiantes pasarán a organizar los datos experimentales.
8. Con un marcador oscurezca bien las marcas que dejó el ticómetro en la tira de papel (las marcas iniciales que no se puedan interpretar no las utilice).
9. Compare una al lado de la otra, la tira de papel marcada con la regla con escala de centímetros.
10. Cada distancia corresponderá a una letra. Por lo tanto, la distancia inicial que corresponde a una medida de 0 cm será la letra A y así sucesivamente.
11. Los estudiantes organizarán los datos en la Tabla 2 y contestarán las preguntas que se incluyen en la Hoja de Trabajo #3.

## Hoja de trabajo #3

### Actividad II: La aceleración cuando un objeto cae libremente:

**Tabla 2: Recopilación de datos**

Punto	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Tiempo en tics												
Posición en cm												

A partir de la experiencia de esta actividad, contesta las siguientes preguntas:

1. ¿Cuál es el marco de referencia?
2. ¿De qué forma podemos representar ese marco de referencia?
3. ¿Qué tendencia podemos percibir si graficamos los datos?
4. ¿Qué movimiento podríamos predecir a base de la tendencia descrita por los puntos?
5. ¿Cómo compara esta gráfica con la gráfica del carrito en la actividad anterior?



6. Para determinar la aceleración promedio, ¿qué debemos conocer?

7. ¿Cuáles es el valor de la aceleración promedio? Recuerde que el pedazo de plasticina se aleja del ticómetro y se acerca a la Tierra.

## Hoja de trabajo #4 Ejercicios de Práctica

Con estos ejercicios se puede corroborar si están claros los conceptos rapidez promedio, velocidad promedio y sus diferencias.

### Ejercicio I:

Un automóvil acelera a través de una carretera derecha desde el reposo hasta 75 km/h en 5.0 s. ¿Cuál es la magnitud de la aceleración promedio?

### Ejercicio II:

Si cambiamos los km/h a m/s obtenemos una velocidad de: \_\_\_\_\_

Por lo tanto, la aceleración promedio fue de \_\_\_\_\_ en  $\text{m/s}^2$

## Extensión de la actividad (velocidad y aceleración instantáneas):

Para determinar la velocidad y la aceleración instantánea (que es la velocidad y la aceleración en cualquier instante donde se midió la distancia y el tiempo) utilizaremos la siguiente ecuación fundamental,  $\Delta x = v_0(t) + \frac{1}{2} \alpha(t^2)$  y tomaremos los valores para cualesquiera dos puntos experimentales.

Por ejemplo, se pueden tomar los datos para los intervalos A-G y A-J de la Tabla 2 provenientes de la Hoja de Trabajo #3.

Asume que los valores para los intervalos seleccionados son los siguientes:

Intervalo  $\Delta x_{A-G} = 14.4$  cm y el  $t = 6$  tics

Intervalo  $\Delta x_{A-J} = 29.3$  cm y el  $t = 9$  tics

Si sustituyes estos datos en la ecuación fundamental, puedes construir dos ecuaciones. Estas ecuaciones te permitirán determinar la aceleración del objeto que cayó en la actividad realizada.

Ejemplificando las dos ecuaciones que surgen al sustituir los valores que asumimos arriba, obtenemos las siguientes:

$$\Delta x = v_0(t) + \frac{1}{2} \alpha(t^2)$$

$$\text{Primera ecuación: } 14.4 = v_0(6 \text{ tics}) + \frac{1}{2} a(6 \text{ tics})^2$$

$$\text{Segunda ecuación: } 29.3 = v_0(9 \text{ tics}) + \frac{1}{2} a(9 \text{ tics})^2$$

De estas sustituciones y de simplificar a una notación más sencilla obtenemos las siguientes dos ecuaciones:

$$14.4 = 6v + 18a$$

$$29.3 = 9v + 40.5a$$

Estas dos ecuaciones se pueden resolver trabajándolas matemáticamente como un sistema de ecuaciones. Veamos cómo se realiza:

- Primero hay que buscar el máximo común divisor de los coeficientes de las variables. Puedes seleccionar los coeficientes de  $v$  ó  $a$ .
- Resulta un poco difícil conseguir un número que divida comúnmente los coeficientes de la variable  $a$ , ya que estos son: 18 y 40.5. Sin embargo, resulta fácil encontrar un número que divida los coeficientes de  $v$  que son: 9 y 6. ¿Cuál es este número?
- Luego que encuentras dicho número, multiplica ambas ecuaciones por el número que iguala los coeficientes de  $v$ .



$$2 \times (29.3 = 9v + 40.5a)$$

$$3 \times (14.4 = 6v + 18a)$$

- d. El resultado al multiplicar las ecuaciones y de luego restarlas es el siguiente:

$$\begin{array}{r} 58.6 = 18v + 81a \\ - 43.2 = 18v + 54a \\ \hline 15.4 = 0 + 27a \end{array}$$

- e. Con este sencillo proceso obtenemos que  $\frac{15.4}{27} = a$

- f. Por lo tanto, el valor de  $a = 0.57037 \frac{cm}{tics^2}$

Los estudiantes trabajarán y contestarán las preguntas que se incluyen en la Hoja de Trabajo #5.

## Hoja de trabajo #5

### Análisis de los datos

A partir de la experiencia de esta actividad, contesta las siguientes preguntas:

1. Construye un par de ecuaciones a partir de los datos de dos intervalos que selecciones de la Tabla 2 provenientes de la Hoja de Trabajo #3.

Intervalo  $\Delta x =$  \_\_\_\_\_ cm y  $t =$  \_\_\_\_\_ tics

Intervalo  $\Delta x =$  \_\_\_\_\_ cm y  $t =$  \_\_\_\_\_ tics

Primera ecuación: \_\_\_\_\_

Segunda ecuación: \_\_\_\_\_

2. Para solucionar un par de ecuaciones, ¿qué debemos hacer?
3. Resuelve por la aceleración utilizando el método explicado en la actividad para resolver un sistema de ecuaciones.
4. ¿Cómo podríamos corroborar que los datos se tomaron bien?

## Referencias:

Departamento de Educación, (2000). *Estándares: Programa de ciencia*. Puerto Rico: Autor.

Departamento de Educación, (2007). *Estándares de contenido y expectativas de grado: Programa de ciencia*. Puerto Rico: Autor.

Texas Instruments, (2005). *Vernier EasyData Guide book*.

Texas Instruments, (2005). *TI Classroom Activities: Graphing your motion. Lab 35*. Physical Science with Vernier.

Torres, A., Hernández N., y Rodríguez J., (2006). Compendio de actividades de movimiento: Guía del maestro. *Alianza para el Aprendizaje de Ciencias y Matemáticas* (ALACiMa)

Giancoli, D., (2005). *Physics: Principles with applications. 6th ed*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.

Stollberg, R. & Hill, F. (1967). *Física: Fundamentos y Fronteras*. 1ra ed. Mexico: Publicaciones Cultural.