

# Cinemática



Habrà algo que no se esté moviendo en el universo?, ¿podrà un objeto moverse indefinidamente?, ¿hasta qué punto se puede predecir el movimiento de un sistema?

Estas y otras interrogantes sobre movimiento no tienen un origen reciente, el hombre ha observado y estudiado los diferentes movimientos que se presentan en la naturaleza durante el transcurso de la historia, ya que movimiento es una palabra que podría resumir en sí misma la esencia de la naturaleza.

Los movimientos pueden ser muy simples, como el movimiento de un automóvil en línea recta y con velocidad constante, hasta uno más complejo, como el de un sistema binario formado por una estrella y un agujero negro: los dos cuerpos se mueven en una órbita en torno a un centro común. El agujero negro no se ve, pero la estrella sí se puede observar. Desde la Tierra se ve como si esta se alejara y acercara cíclicamente, debido al movimiento de la estrella en torno al centro del sistema binario. Este fenómeno se ha confirmado observando el efecto Doppler de la luz emitida por la estrella.

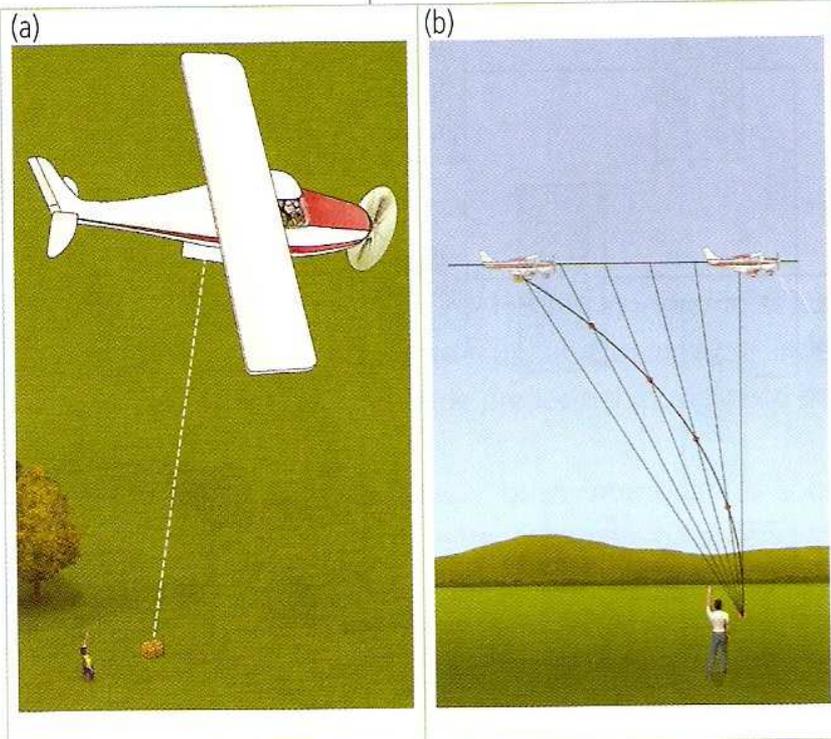


Un **movimiento** es el cambio de posición de un cuerpo en el tiempo. Para describir el movimiento de un cuerpo, se debe establecer un sistema de referencia. La parte de la física que se encarga de estudiar el movimiento de los cuerpos, sin importar las causas que lo provocan, se conoce como **cinemática**.

## Sistema de referencias

Un **sistema** o **marco de referencia** corresponde a un punto físico de observación desde el cual se puede describir la posición y movimiento de un cuerpo. Generalmente es un conjunto de coordenadas.

Por ejemplo, si se tiene la siguiente situación: un aviador que viaja en su avioneta, la cual se mueve a velocidad constante y en línea recta, deja caer desde el aire un fardo. De acuerdo a esta situación se puede determinar lo siguiente:



- Si se toma como sistema de referencia la avioneta (a), el fardo no se mueve horizontalmente, es decir, su velocidad horizontal respecto a la avioneta es nula. Por lo tanto, el aviador que se encuentra en la avioneta verá caer el paquete verticalmente cada vez más de prisa debido a la acción de la gravedad.
- Si se toma como sistema de referencia la persona que recibe el fardo (b), esta lo verá moverse verticalmente hacia abajo y horizontalmente con la misma velocidad que la avioneta.

Por lo tanto, a los sistemas de referencia usados cotidianamente, se les pueden asignar las siguientes características:

- son independientes del movimiento del cuerpo.
- el tiempo, para todos los sistemas de referencias, es absoluto. Es decir, para todos los observadores de un mismo fenómeno, el tiempo en que transcurre es el mismo.
- las ecuaciones que rigen el movimiento de un cuerpo se cumplen equivalentemente, cualquiera sea el sistema que se observe.

**La Tierra.** La Tierra se considera un sistema de referencia en reposo para definir los movimientos absolutos.

## Desplazamiento

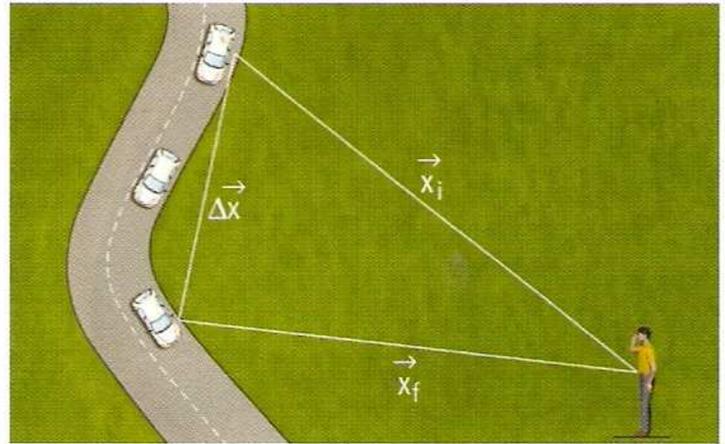
Es el cambio de posición que realiza un cuerpo respecto a un sistema de referencia previamente elegido. Operacionalmente es la diferencia entre la posición final e inicial.

$$\vec{\Delta x} = \vec{x}_f - \vec{x}_i$$

## Trayectoria y distancia

La **trayectoria** que describe un cuerpo es la figura geométrica que forma el conjunto infinito de posiciones por donde se va ubicando el cuerpo. La **distancia** recorrida se refiere físicamente al camino recorrido, es decir, es el perímetro o longitud de la trayectoria.

La distancia o camino recorrido es una magnitud escalar, tal como es el tiempo, mientras que el desplazamiento es una magnitud vectorial, pues tiene dirección, sentido y módulo.



## Ejercicio resuelto

1. Juan, para ir al colegio, debe realizar el siguiente recorrido: camina 4 [cuadras] al norte, luego gira y camina 8 [cuadras] al oeste, nuevamente gira hacia el sur y camina 10 [cuadras] llegando a su destino. ¿Cuál es el camino recorrido y el desplazamiento hecho por Juan?

Como se sabe, la distancia o camino recorrido corresponde al perímetro de la trayectoria, es decir:

$$d = 4 \text{ cuadras} + 8 \text{ cuadras} + 10 \text{ cuadras}$$

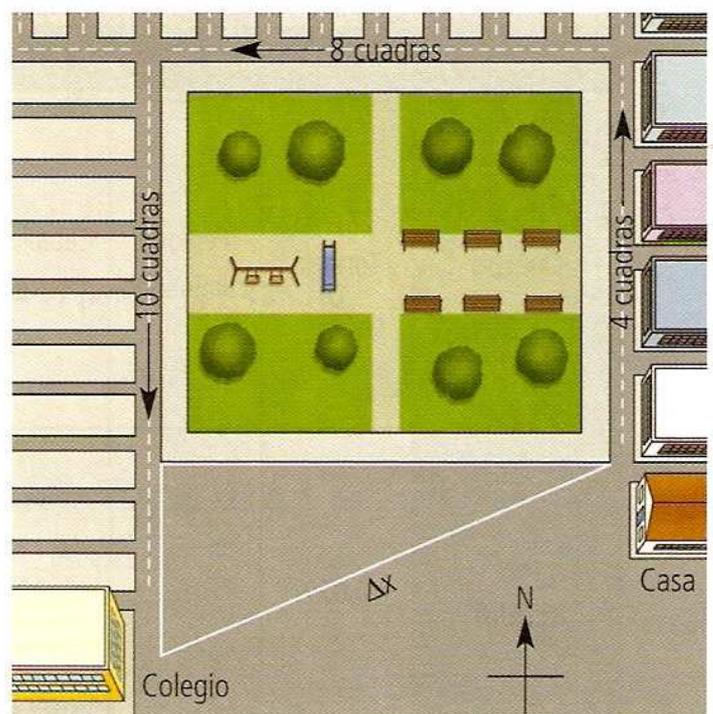
$$d = 22 \text{ [cuadras]}$$

El desplazamiento será la diagonal del triángulo formado, siendo su valor:

$$\Delta x = \sqrt{(8 \text{ cuadras})^2 + (6 \text{ cuadras})^2}$$

$$\Delta x = \sqrt{100}$$

$$\Delta x = 10 \text{ [cuadras]}$$



### Rapidez media ( $v_m$ )

Corresponde al cociente entre la distancia o camino recorrido y el tiempo empleado en recorrerlo.

$$v_m = \frac{\text{distancia total recorrida}}{\text{tiempo empleado}}$$

### Velocidad media ( $\vec{v}_m$ )

Corresponde al cociente entre el desplazamiento y el intervalo de tiempo.

Operacionalmente es el cociente entre el desplazamiento y el intervalo de tiempo:

$$\vec{v}_m = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t}$$

donde:

$\Delta \vec{x}$  es el desplazamiento realizado por el cuerpo.

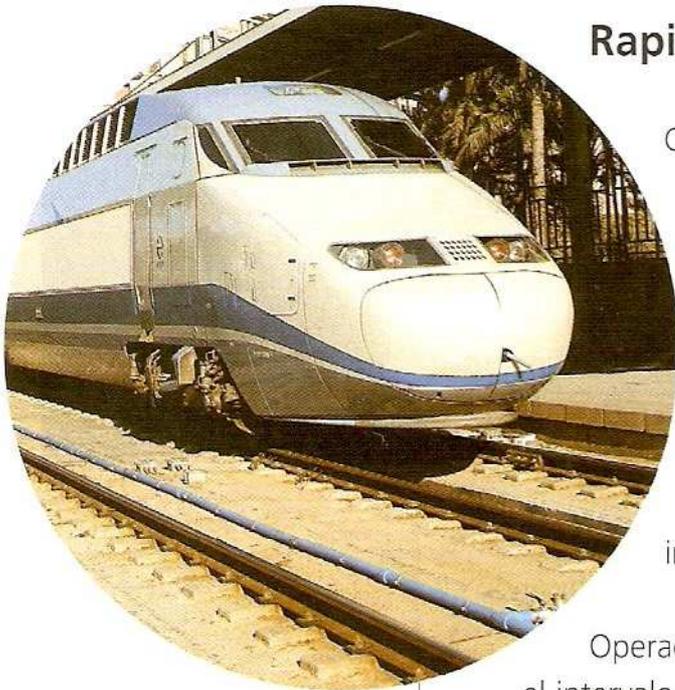
$\Delta t$  es el intervalo de tiempo en el que se realiza el desplazamiento.

En el Sistema Internacional de Unidades (SI) la velocidad se mide en m/s, sin embargo, es común usar km/h.

#### Algunas velocidades de interés

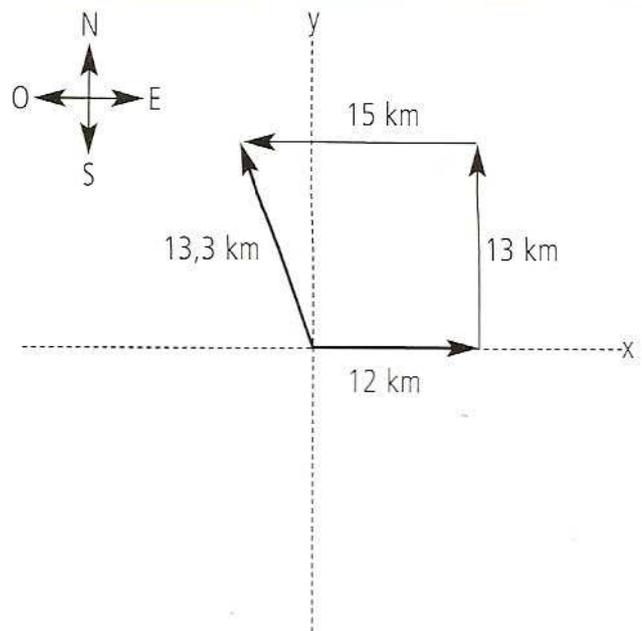
Cuerpo	Tortuga	Persona caminando	Caballo en carrera	Automóvil en carrera	Avión	Sonido (en el aire a 15 °C)	Luz (en el vacío)
$v$ (km/h)	0,072	5	30	200	900	1.224	$1,08 \times 10^9$

La velocidad del metro no es constante. Si bien su rapidez puede serlo, su dirección cambia cada cierto tiempo.



## Ejercicio resuelto

1. Un ciclista realiza el siguiente itinerario:  
 recorre 12 [km] hacia el este a 40 [km/h],  
 luego gira hacia el norte recorriendo 13 [km]  
 a 35 [km/h]. Finalmente gira hacia el oeste y  
 recorre 15 [km] a 30 [km/h]. Considerando  
 que cada uno de los diferentes recorridos se  
 realizó en trayectorias rectilíneas,  
 determinar: el módulo de la velocidad media  
 y la rapidez media en el recorrido.



Como la velocidad media es igual a la distancia recorrida por el tiempo empleado, entonces, se debe determinar el tiempo total.

$$t_1 = \frac{12 \text{ km}}{40 \text{ km/h}} = 0,30 \text{ h} \quad t_2 = \frac{13 \text{ km}}{35 \text{ km/h}} = 0,37 \text{ h} \quad t_3 = \frac{15 \text{ km}}{30 \text{ km/h}} = 0,50 \text{ h}$$

$$t_1 + t_2 + t_3 = 1,2 \text{ [h]}$$

Así, para calcular la velocidad media según:  $v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t}$  se debe obtener el módulo del desplazamiento  $|\Delta x|$ , así:

$$\Delta x = \sqrt{(13 \text{ km})^2 + (-3,0 \text{ km})^2}$$

$$\Delta x = 13 \text{ [km]} \quad \text{entonces, reemplazando,}$$

$$v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad v_m = \frac{13 \text{ km}}{1,2 \text{ h}} \quad v_m = 11 \text{ [km/h]} \quad ; \quad 13^\circ \text{ NO}$$

y la rapidez media:

$$v_m = \frac{\text{distancia total recorrida}}{\text{tiempo empleado}} \quad v_m = \frac{12 \text{ km} + 13 \text{ km} + 15 \text{ km}}{1,2 \text{ h}}$$

$$v_m = \frac{40 \text{ km}}{1,2 \text{ h}}$$

$$v_m = 33 \text{ [km/h]}$$

### Rapidez instantánea

Corresponde al valor de la rapidez en cualquier instante de tiempo. Por ejemplo, cuando un automóvil recorre una distancia de 600 km en 8 horas, no quiere decir que siempre se mueve con la misma rapidez. Puede ser que viaje por la carretera a 120 km/h pero cuando sale de esta tendrá que disminuir a 60 km/h e incluso, si entra en un taco o se encuentra con una luz roja, llegará a 0 km/h y un tiempo después a 50 km/h, siendo cada uno de estos valores una rapidez instantánea.

### Velocidad instantánea

Se define como la velocidad en un intervalo de tiempo muy pequeño. Matemáticamente es la velocidad de un móvil cuando el tiempo  $\Delta t$  tiende a 0. Es una magnitud vectorial siempre tangente a la trayectoria.

## Ejercicio resuelto

1. En una carretera de pistas recta, se estudia el movimiento de un prototipo de alta velocidad. Utilizando un detector de velocidad se obtienen los datos indicados en la tabla. De acuerdo a estos datos, determinar: a. ¿En qué intervalo el auto aumentó de velocidad proporcionalmente respecto al tiempo? b. ¿En qué intervalo mantuvo la velocidad constante? c. Entre los 40 y los 70 [s] ¿cuál es el cambio de velocidad que experimentó el auto? d. Entre los 10 y 30 [s], ¿cuánto es la distancia recorrida?

Tiempo [s]	Velocidad [km/h]
0	75
10	85
20	85
30	85
40	95
50	100
60	105
70	110
80	145

De acuerdo a los datos entregados en la tabla:

- a. el automóvil aumentó proporcionalmente su velocidad entre los **40** y los **70 [s]**.  
b. el automóvil mantuvo su velocidad entre los **10** y los **30 [s]**.

c.  $\Delta v = v_f - v_i$        $\Delta v = 110 - 95$   
 $\Delta v = 15 \text{ [km/h]}$

- d. Como la velocidad está expresada en [km/h] y el tiempo en [s], primero se debe hacer la transformación:

$$\frac{85 \text{ km}}{1 \text{ h}} \times \frac{1.000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \times \frac{1 \text{ h}}{3.600 \text{ s}} = 23,61 \frac{[\text{m}]}{[\text{s}]} \approx 24 \frac{[\text{m}]}{[\text{s}]}$$

por lo tanto, como la distancia en una trayectoria recta es igual al valor del desplazamiento, entonces:

$$\Delta x = v \times \Delta t = 24 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 20 \text{ s}$$

$$\Delta x = 480 \text{ [m]}$$

## Aceleración media ( $\vec{a}_m$ )

Representa el cambio que experimenta la velocidad instantánea durante un intervalo de tiempo. Algebraicamente es el cociente entre la variación de la velocidad instantánea y el intervalo de tiempo.

$$\vec{a}_m = \frac{\vec{v}_f - \vec{v}_i}{\Delta t}$$

donde:

$\vec{v}_f$  es la velocidad final.

$\vec{v}_i$  es la velocidad inicial.

$\Delta t$  es el tiempo transcurrido.

En el Sistema Internacional de Unidades (SI), la aceleración se mide en  $[m/s^2]$ .

En el siguiente ejemplo se muestra la dirección que adquiere el vector aceleración del vehículo de acuerdo a la dirección y variación que experimenta el vector velocidad.

Para que exista aceleración en un movimiento rectilíneo se debe producir un cambio en el valor de la velocidad, ya sea que este aumente o disminuya.

**Aceleración instantánea.**  
Corresponde a la aceleración en cada punto de la trayectoria.

