



# El cambio de velocidad

## El eslabón perdido de la Cinemática

**Pedro Menares Á.**  
pedro.menares@umce.cl

**Departamento de Física**  
**Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación**

---



### **Resumen:**

Para el movimiento de una partícula en el plano, mediante un diagrama de velocidades se presenta y desarrolla el concepto "cambio de velocidad", concepto cinemático que le permitirá al estudiante comprender de manera más general el concepto de aceleración y su relación con las fuerzas.

Las actividades de aprendizaje que se proponen en este trabajo, están centradas en la construcción del diagrama de velocidades que modela la situación problemática planteada, que como veremos, son totalmente transferibles al aula de la Educación Escolar.

## Comentario Curricular

El currículo actualmente vigente para el estudio de la cinemática en el sistema escolar, se centra principalmente en el movimiento rectilíneo y, en consecuencia, las situaciones problemáticas que se analizan dentro de ese contexto llevan a pensar que el cambio de velocidad  $\Delta v$  siempre será numéricamente menor que el módulo de la velocidad inicial o final, además, es así como en la gran mayoría de los alumnos se fija la idea errónea de que si un cuerpo se mueve con rapidez constante entonces su aceleración es cero.

El tema cambio de velocidad en el plano se puede trabajar en la educación media utilizando regla y transportador mediante la construcción a escala del diagrama de velocidades que modela las diferentes situaciones problemáticas, y determinar mediante mediciones directamente del diagrama los valores numéricos de las incógnitas del problema. Quizás las mediciones que resulten no sean muy precisas, y deberemos aceptar los resultados en un amplio rango de valores, pero, más importante que obtener un resultado exacto es que las estructuras cognitivas que se forman en la mente de los alumnos al construir los diagramas de representación, sin duda que serán más efectivas para la comprensión de conceptos futuros.

## Observaciones cotidianas

La experiencia en la vida diaria nos permite establecer las siguientes afirmaciones: para cambiar la dirección del movimiento de un cuerpo, o para cambiar la rapidez del cuerpo, alguien o algo debe actuar sobre él.

Para integrar los diferentes cambios que podemos observar en el movimiento de una partícula, es necesario definir el concepto "velocidad instantánea del cuerpo", la cual se representa mediante una flecha, ya que se trata de una magnitud vectorial, porque a la rapidez de la partícula se le incorpora la dirección del movimiento. En un instante cualquiera, la dirección del movimiento queda determinada por el punto donde se encuentra el cuerpo y el punto que ocupará inmediatamente después.

Una partícula se mueve con rapidez constante describiendo una trayectoria circular en sentido horario:

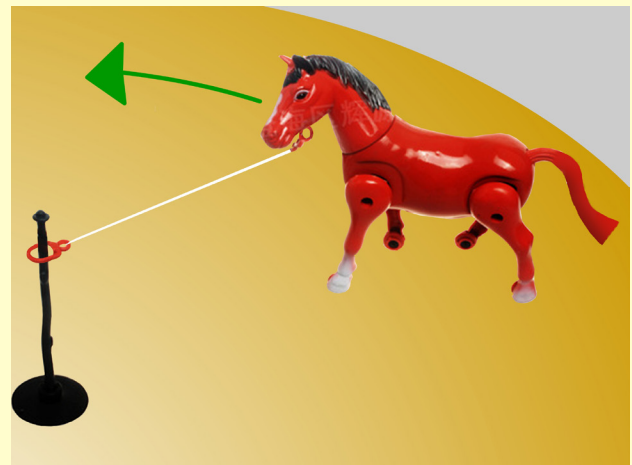
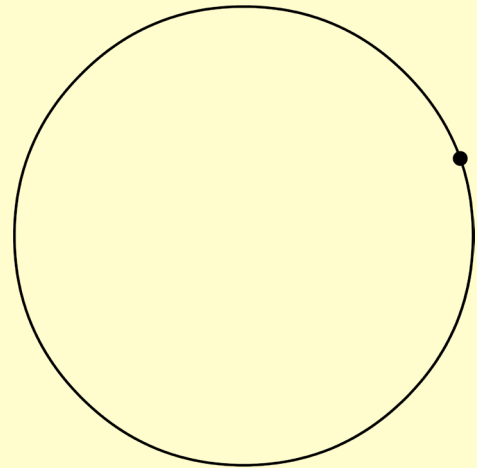
a) dibujar el vector velocidad en el instante que ocupa la posición indicada en la figura.

b) Verificar: que si elegimos el centro de la circunferencia como el origen de los vectores posición, tendremos que siempre la velocidad instantánea es perpendicular al vector posición.

c) Verificar que el ángulo que gira el vector posición en un intervalo de tiempo, siempre coincide con el ángulo que gira el vector velocidad en ese mismo intervalo.

En el caso de una partícula en un movimiento circunferencial con rapidez constante, la velocidad está continuamente cambiando de dirección y, en consecuencia, alguien o algo debe estar siempre actuando sobre ella.

Si una partícula se mueve en una dirección y en cierto instante cambia la dirección de su movimiento, como ocurre por ejemplo en un rebote, tendremos que la partícula cambió su velocidad. Nuestro problema es ¿Cómo podemos determinar dicho cambio de velocidad?



El caballo de juguete describe una trayectoria circunferencial.

## EL VECTOR CAMBIO DE VELOCIDAD

### El Cambio "instantáneo" de la velocidad

El choque de una pelota con el piso, se manifiesta principalmente en el cambio de dirección de la velocidad, pero, en la mayoría de los casos, también puede haber un cambio en la rapidez de la pelota. En los choques, el cambio de velocidad se produce en un corto intervalo de tiempo, por esto hablamos de un cambio instantáneo de la velocidad.

Cuando estudiamos los desplazamientos, a estos los definimos como el cambio de posición del cuerpo, y los determinábamos mediante diagramas de flechas como el que se indica en la figura adjunta.

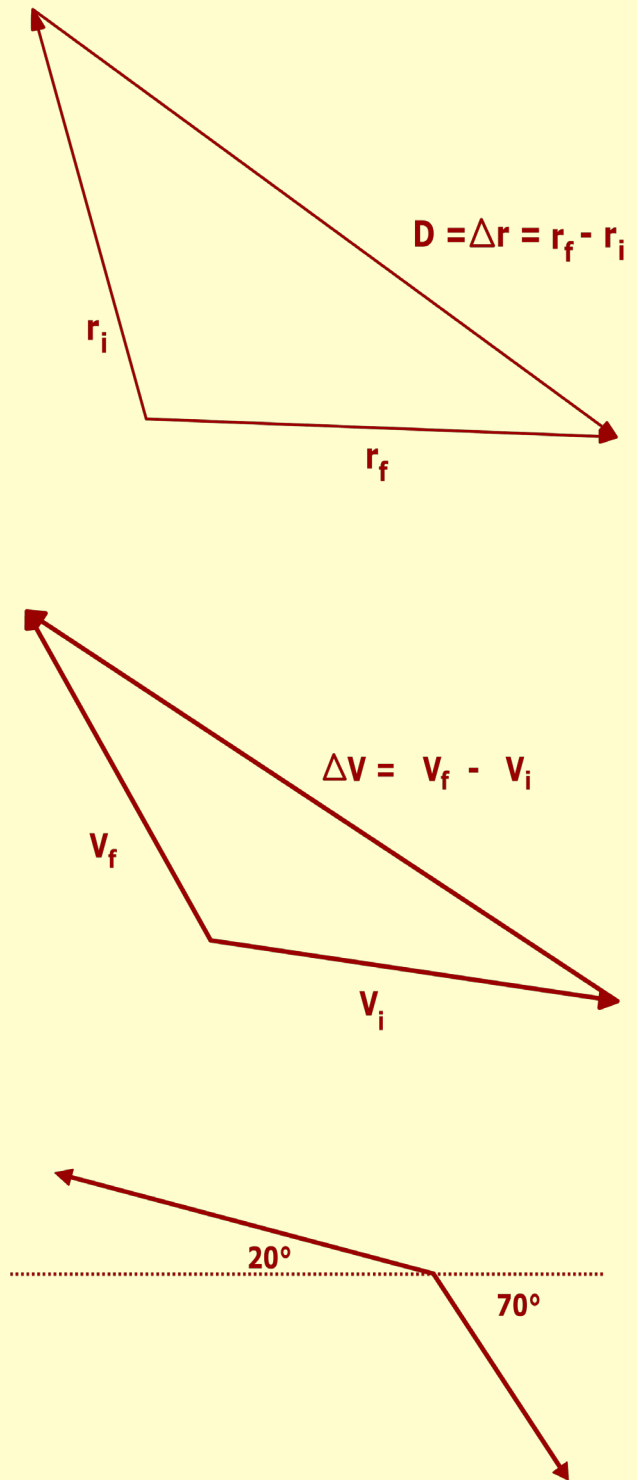
En ese caso, teníamos los vectores posición unidos en un origen común, y el cambio de posición o desplazamiento se representaba por la flecha con el origen en la punta de la posición inicial y su extremo en la punta de la posición final.

De manera análoga al procedimiento anteriormente indicado, determinaremos el cambio de velocidad que se observa en una partícula como efecto de un rebote. En esta situación dibujaremos, con el origen en la partícula, la flecha que representa la velocidad antes del choque y la flecha que representa la velocidad con que sale después del choque. Así, el cambio de la velocidad  $\Delta V$  se representa por la flecha con el origen en la punta de la velocidad inicial y su extremo en la punta de la velocidad final.

Por ejemplo, si queremos resolver el siguiente problema

Una pelota de tenis que venía a una velocidad de 16 m/s formando un ángulo de  $70^\circ$  bajo la horizontal, es devuelta con una velocidad 24 m/s formando un ángulo de  $20^\circ$  por sobre la horizontal. Determine el módulo y la inclinación del cambio de velocidad que produjo el raquetazo.

Primero, construimos un diagrama aproximado que modele la situación:



Luego, construimos el diagrama a escala para el módulo de las flechas, con los ángulos dados en el problema medidos con el transportador. Finalmente, medimos el módulo del cambio de velocidad y el ángulo que resultó respecto a la horizontal.

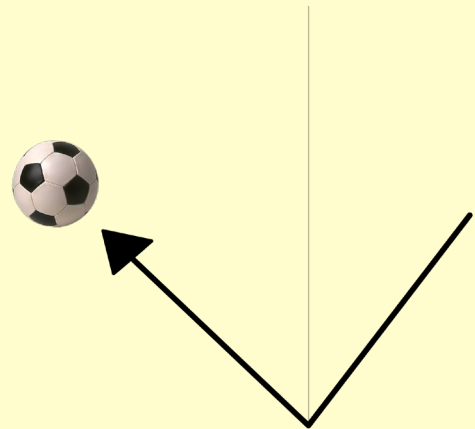
Al modelar la situación problemática mediante un diagrama, le permite a los alumnos desarrollar la pulcritud en su trabajo y utilizar instrumentos de medición tanto para la construcción del diagrama de velocidades, como para determinar los valores numéricos de las incógnitas del problema.

### Problemas

1. Una pelota que tiene una rapidez de 8 m/s incide sobre el piso formando un ángulo de  $37^\circ$  con la normal, rebota y sale con una velocidad de 6 m/s formando un ángulo de  $45^\circ$  con la normal. Determine el cambio de velocidad que tuvo la pelota al chocar en el piso.

2. Una bola de billar con una rapidez de 8 m/s incide sobre una banda formando un ángulo de  $37^\circ$  con la normal. Determine el cambio de velocidad de la bola si chocó elásticamente cumpliendo la ley de la reflexión.

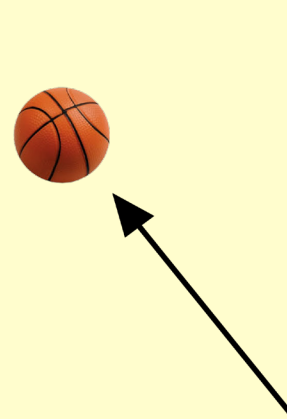
3. Una pelota que con una rapidez de 9 m/s incide verticalmente sobre el piso, rebota y sufre un cambio de velocidad de 14 m/s formando un ángulo de  $30^\circ$  con la normal. Determine la velocidad con que la pelota sale del piso.



Problema 1

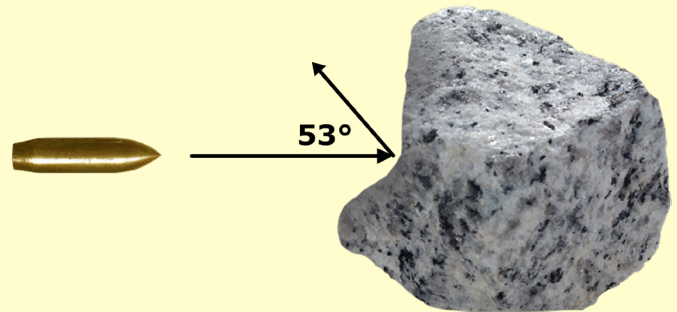


Problema 2



Problema 3

4. Una bala que tiene una velocidad horizontal de 700 m/s rebota en una roca y sale a 400 m/s formando un ángulo de  $53^\circ$  por sobre la horizontal. Determine el vector cambio de velocidad producido por la roca.

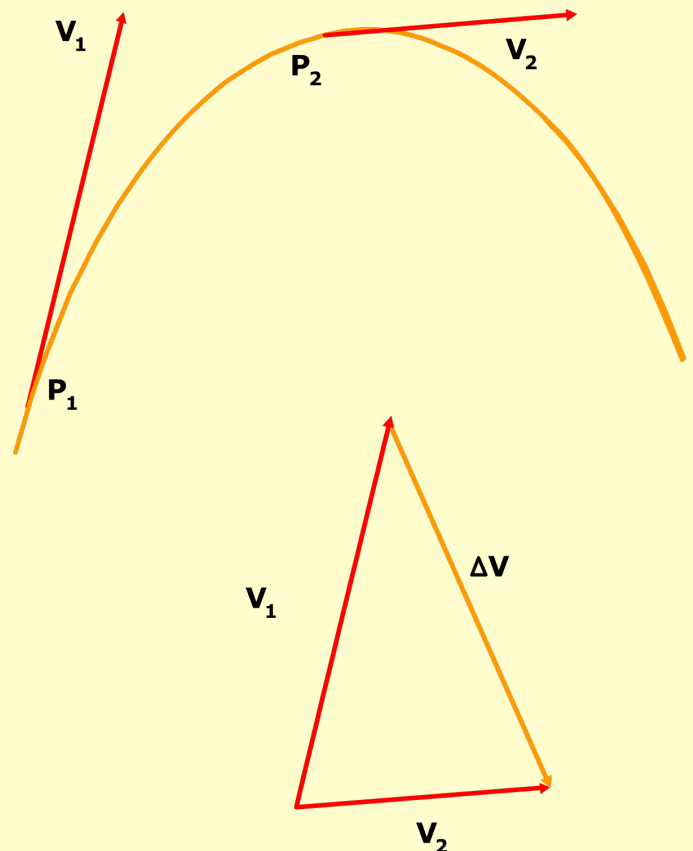


Problema 4

### El Cambio "continuo" de la velocidad

Cuando la velocidad de la partícula cambia continuamente a medida que se desplaza, como ocurre por ejemplo en un automóvil que va en una rotonda, o en el movimiento de una piedra lanzada al aire, en esos casos, para determinar el cambio de velocidad se nos presenta una nueva dificultad, ya que los orígenes de las flechas que representan las velocidades no estarán unidos. Entonces, primero debemos realizar una traslación paralela para unir sus orígenes y luego operar como lo hicimos en los desplazamientos y los cambios instantáneos de la velocidad.

Determinemos el cambio de la velocidad de un automóvil entre los instantes  $t_1$  y  $t_2$  en que ocupaba las posiciones  $p_1$  y  $p_2$  indicadas en la figura.



Llamemos

$\mathbf{V}_1$  a la velocidad en  $t_1$  y  $\mathbf{V}_2$  a la velocidad en  $t_2$ .

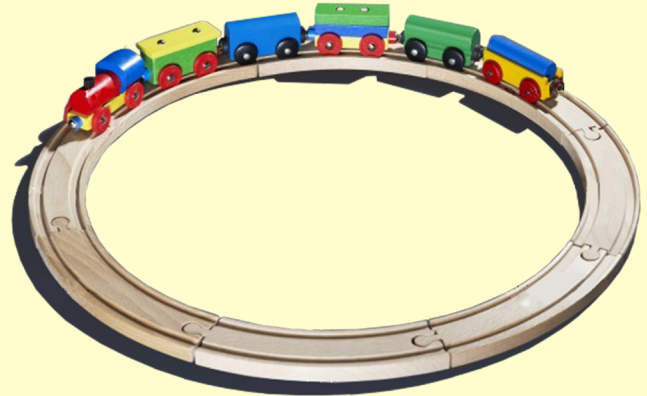
Primero, debemos trasladar paralelamente las velocidades  $\mathbf{V}_1$  y  $\mathbf{V}_2$  a un origen común.

En ese diagrama, al vector que va del extremo de  $\mathbf{V}_1$  al extremo de  $\mathbf{V}_2$  es el vector que llamaremos  $\Delta\mathbf{V}$  o cambio de la velo-

velocidad en dicho intervalo de tiempo.

1. Una partícula que se mueve por una trayectoria circular en cierto instante tiene una velocidad de 12 m/s y en tres segundos gira  $20^\circ$  y aumenta su rapidez a 18 m/s. calcule gráficamente el vector cambio de velocidad en ese intervalo de tiempo.

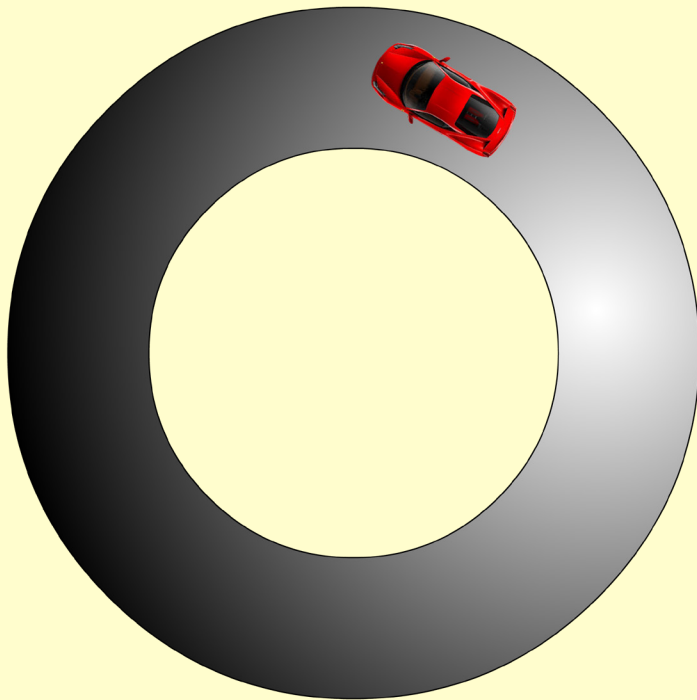
2. Un automóvil que se mueve en una pista circular de 30 m de radio describe un arco de  $30^\circ$  con una rapidez constante de 20 m/s, calcule gráficamente el vector cambio de velocidad.



## ACELERACIÓN

Llamaremos aceleración media en el intervalo  $[t_1, t_2]$  a la rapidez con que cambia la velocidad; operacionalmente corresponde al cociente entre el vector cambio de la velocidad  $\Delta \mathbf{v}$  y la duración del intervalo  $\Delta t$ . Para intervalos de tiempo pequeños se hablará simplemente de la aceleración de la partícula.

La necesidad de determinar analíticamente el valor de las incógnitas en los diagramas de flechas correspondientes a posiciones y desplazamientos, o en el de cambio de velocidad, o de las fuerzas en las situaciones de equilibrio, propicia y justifica el desarrollo de la trigonometría y la representación de vectores mediante sus componentes cartesianas.



## Problemas

1. Una partícula que se mueve por una trayectoria circunferencial en cierto instante tiene una velocidad de 16 m/s y en dos segundos gira  $40^\circ$  y reduce su rapidez a 9 m/s. Calcule gráficamente la aceleración media de la partícula en ese intervalo de tiempo.
2. Una partícula que se mueve por una trayectoria circunferencial en cierto instante tiene una velocidad de 12 m/s y en tres segundos gira  $20^\circ$  y aumenta su rapidez a 18 m/s. Calcule gráficamente la aceleración media de la partícula en ese intervalo de tiempo.
3. Una partícula se mueve por una trayectoria circunferencial con una rapidez constante de 16 m/s y en tres segundos gira  $40^\circ$ . Calcule gráficamente la aceleración media de la partícula en ese intervalo de tiempo.
4. Una partícula se mueve por una trayectoria circunferencial con rapidez constante y en cuatro segundos gira  $120^\circ$  con una aceleración media de  $5 \text{ m/s}^2$ . Calcule gráficamente la rapidez de la partícula.

La aceleración es el concepto que nos indica la rapidez con que cambia la velocidad, en consecuencia, es el concepto que conecta la cinemática con las fuerzas, ya que son precisamente estas últimas la causa de los cambios de la velocidad de una partícula. La dirección del cambio de la velocidad de una partícula nos indicará la dirección de la fuerza que actuó sobre ella.

**En conclusión:** Los cambios de velocidad de una partícula son producidos por las fuerzas que actúan sobre ella. Si sobre una partícula no actúan fuerzas entonces no hay cambios en su velocidad.