

TEMA 6: TIPOS DE MOVIMIENTO

Tipos de movimientos. Clasificaciones según trayectoria, evolución de la velocidad, dimensión en la que se dan y movimientos peculiares.

Movimiento lineal. Velocidad media y velocidad instantánea. Aceleración media y aceleración instantánea.

Movimiento angular. Velocidad media y velocidad instantánea. Aceleración media y aceleración instantánea.

Movimientos de caída libre, parabólicos y pendulares. Características. Cálculos. Ejemplos.

BI BLI OGRAFÍA

Aguado, X. (1993). *Eficacia y técnica deportiva. Análisis del movimiento humano.* INDE. Barcelona.

Aguado, X; González,J.L. e Izquierdo,M. (1997). *Biomecánica fuera y dentro del laboratorio.* Universidad de León. León.

Aguado, X.; Izquierdo,M.; González,J.L; López,J.L.y Burón,C. (1997). Análisis biomecánico del lanzamiento de peso: técnica lineal frente a la técnica de rotación. *Revista de Entrenamiento Deportivo (RED)*, XI, nº 1:27-32.

Aguado, X.; Grande, I.; Izquierdo, M.; López, J.L.; Meana, M. y Mendoza, F. (2000). Estudio biomecánico de la batida en el salto horizontal a pies juntos desde parado. Cinética de saltos máximos y submáximos. *Archivos de Medicina del Deporte* 76: 109-116.

Aguado, X.; Grande, I. y; López, J.L. (2000). Estudio de la técnica de los mejores lanzadores de peso españoles y del mundo con Kinescán / IBV Aspectos metodológicos y prácticos”. *Biomecánica*, 26:29-33.

Bosco, C. (1985). *Elasticita muscolare e forza esplosiva nelle attività fisico-sportive.* Società Stampa Sportiva. Roma.

Hay, J.G. (1993). *The Biomechanics of Sports Techniques.* Prentice Hall. New Jersey.

Kreighbaum, E. y Barthels, K.M. (1996). *Biomechanics. A Qualitative Approach for Studying Human Movement.* Allyn and Bacon. Boston.

Mc Ginnis, P.M (1999). *Biomechanics of Sport and Exercise.* Human Kinetics.Champaign Illinois

1- TIPOS DE MOVIMIENTOS

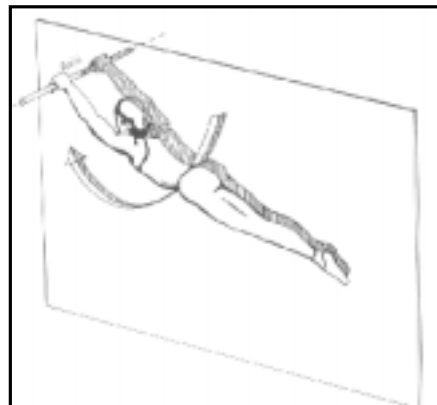
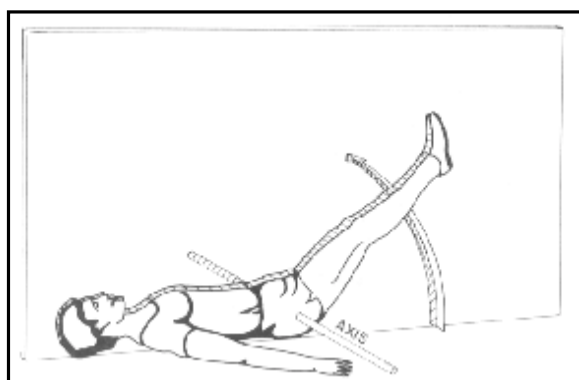
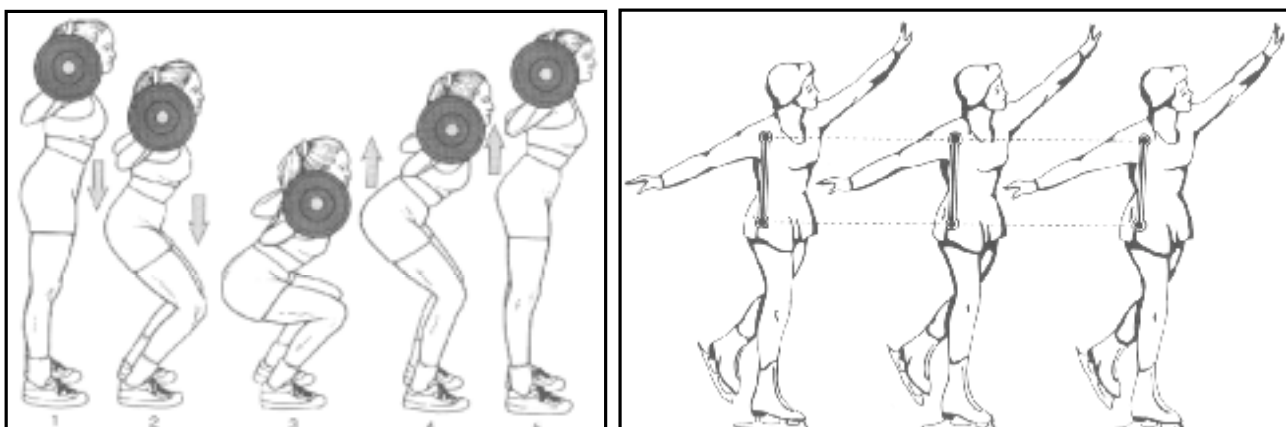
Los movimientos pueden clasificarse:

1-Según su trayectoria en: lineales, angulares y combinados.

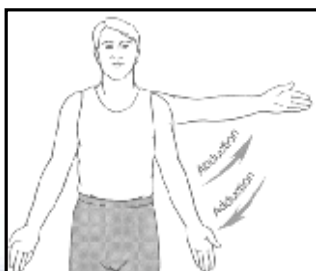
Lineales: cualquier punto del cuerpo, a lo largo de su desplazamiento describe en su trayectoria una línea recta, paralela con la que describe cualquier otro punto del mismo cuerpo.

Angulares: cualquier punto del cuerpo, a lo largo de su desplazamiento describe un ángulo en su trayectoria, paralelo y del mismo valor con el que describe cualquier otro punto del mismo cuerpo.

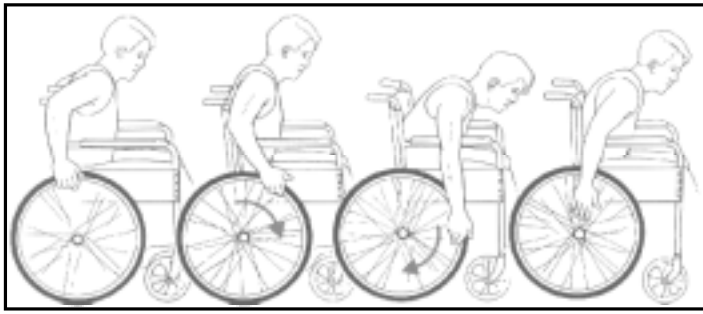
Combinados: describen movimientos que no son lineales ni angulares propiamente porque mezclan en diferente medida desplazamientos lineales y angulares.



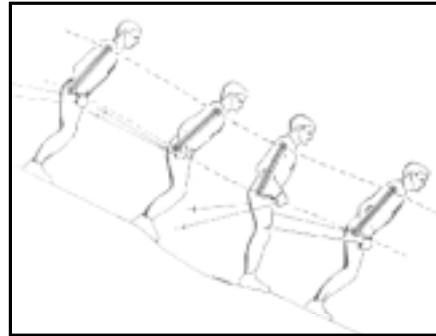
(Hay,1993).



(Hamill y Knutzen, 1995).



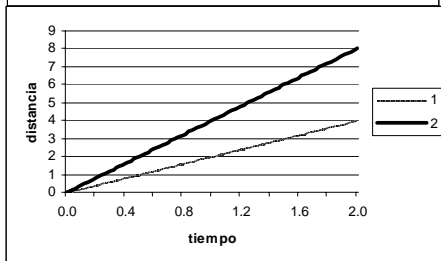
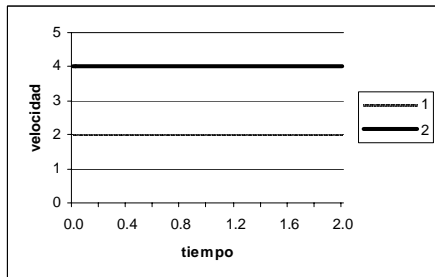
(Hamill y Knutzen, 1995)



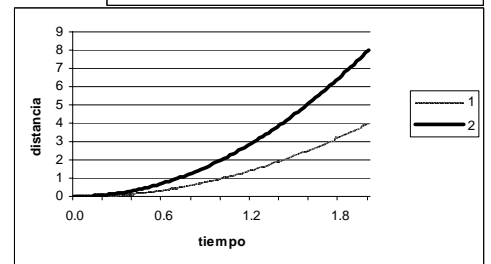
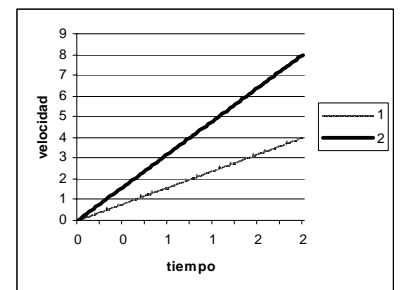
(Hay, 1993)

2- Según la evolución de la velocidad en: uniformes, uniformemente acelerados, variablemente acelerados, uniformemente desacelerados y variablemente desacelerados.

Velocidad constante.



Uniformemente acelerado.



- SEGÚN LA EVOLUCIÓN DE LA VELOCIDAD

uniformes

acelerados

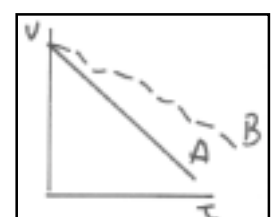
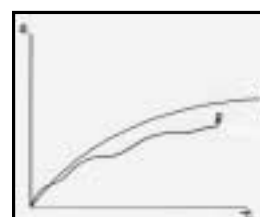
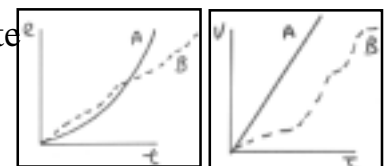
desacelerados

uniformemente

variablemente

uniformemente

variablemente



Ejemplos:

Uniforme - caída libre una vez la resistencia del aire se iguala a la fuerza del peso

Uniformemente acelerado- el inicio de una caída.

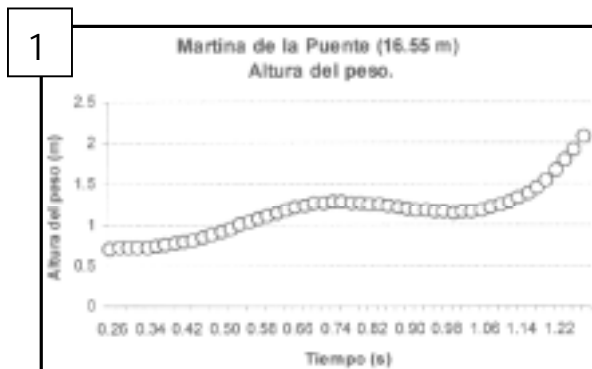
Variablemente acelerado- el inicio de una carrera de velocidad.

Uniformemente desacelerado- en el saque de tenis, el recorrido que hace la pelota al lanzarla hacia arriba, hasta que llega a su punto más alto.

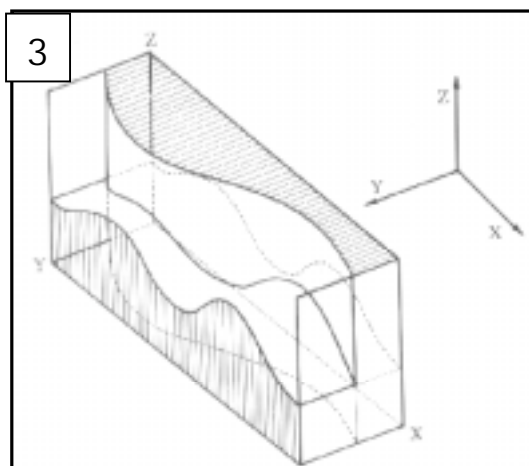
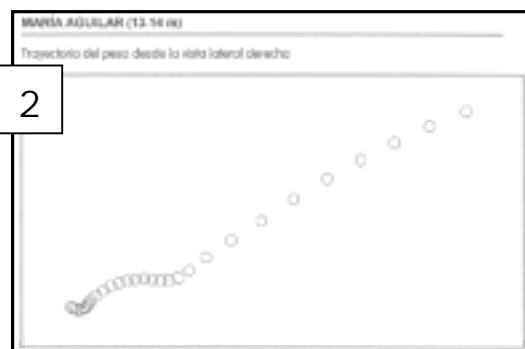
Variablemente desacelerado- el frenado de un ciclista al llegar a la meta.

3- Según la dimensión(es) en la(s) que se de(n) o se reproduzca(n):

- SEGÚN LA(S) DIMENSIÓN(ES) EN QUE SE DEN $\left\{ \begin{array}{l} 1 \\ 2 \\ 3 \end{array} \right.$



No es lo mismo representar la evolución de una dimensión (un eje de movimiento) a lo largo del tiempo (Dibujo 1), que representar la evolución en 2 ejes, lo que sería una proyección del movimiento en un plano (Dibujo 2). En este segundo caso se puede ver la mayor o menor velocidad en diferentes zonas por la mayor o menor distancia entre las posiciones sucesivas.



(Ramiro.1989)

3- Movimientos peculiares, que tienen una serie de características muy concretas:

- MOVIMIENTOS PECULIARES {
 - Caída libre
 - Parabólicos
 - Pendulares



2- MOVIMIENTO LINEAL

VELOCIDAD:

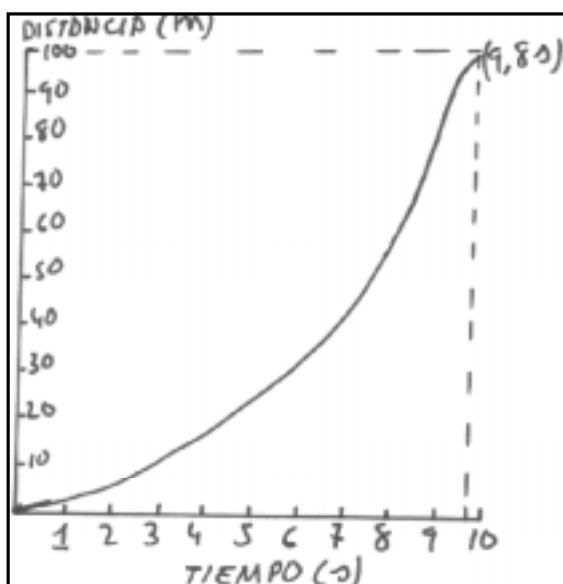
1- VELOCIDAD LINEAL INSTANTÁNEA

A/ Fórmula:

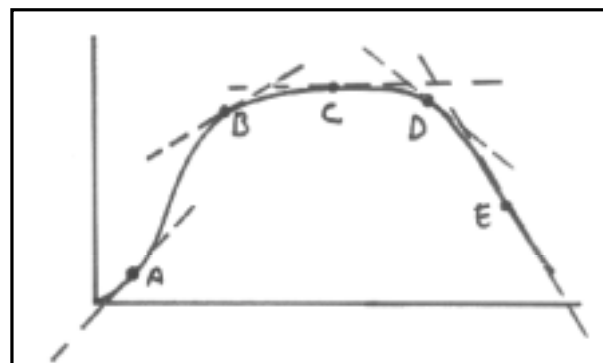
$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{e}{t} = \frac{de}{dt}$$

B/ Gráficamente:

Carrera de 100 m:



Líneas tangentes en diferentes zonas de la gráfica:



C/ Ejemplos prácticos:

- Lo que marca en un determinado instante un cuentakilómetros
- 2 fotogramas consecutivos en una grabación
- 2 barreras fotoeléctricas colocadas lo más cerca posible

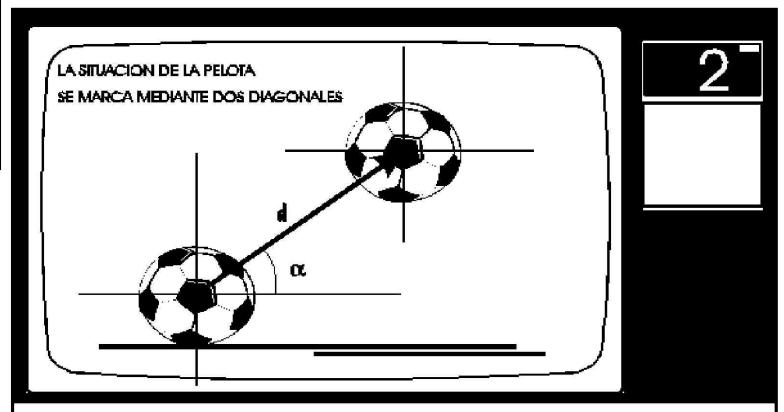
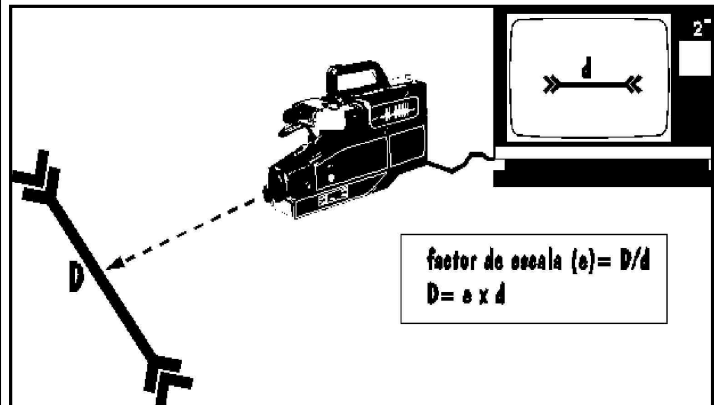
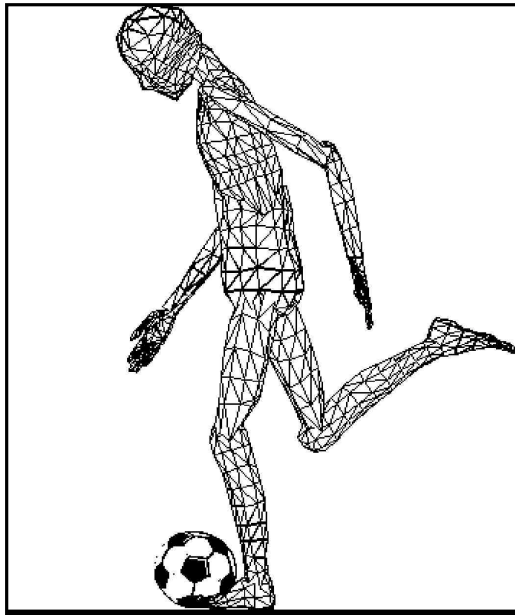
Calcular la velocidad instantánea en el lanzamiento o chute de un balón
(Aguado, González e Izquierdo, 1997):

Material: cámara de vídeo, trípode, magnetoscopio, cinta de vídeo, papel vegetal o de acetato y rotulador resistente al agua.



- 1- Se graba el chute o lanzamiento en dirección perpendicular con la cámara colocada encima del trípode y a la altura aproximada a la que se produce. Sin mover la cámara sobre el trípode. Como marco de calibración se puede usar el diámetro del balón o una distancia entre conos o cualquier objeto del que conozcamos la(s) dimensión(es).
- 2- Se debe conocer la unidad de avance del magnetoscopio. Para ello se coloca el contador de tiempo (en segundos) a 0. Se avanza unidad a unidad con el “shutter” o “jog still”. Si se dan 50 avances hasta que el contador de tiempo marque 1 s, se estará avanzando campo a campo y se tendrá una sensibilidad temporal de 0.02 s
- 3- Si por el contrario al llegar a los 25 avances el contador marca 1 s se estará avanzando imagen a imagen y la sensibilidad temporal será se 0.04 s.
- 4- Se coloca el papel de acetato encima del televisor o en la pared en la que se proyecta la grabación. Se para la grabación en el primer fotograma en el que el balón ya no está en contacto con la mano o con la bota. Se marca sobre el acetato mediante 2 diagonales la posición del balón. Se hace lo mismo en el campo o imagen siguiente, sobre el mismo papel de acetato.
- 5- Se mide la distancia recorrida por el balón (entre los 2 campos o imágenes) sobre el acetato.
- 6- Se marcan también sobre el papel de acetato la(s) dimensión(es) del marco de calibración. Para conocer el factor de escala se divide la distancia real del marco de calibración por la distancia en la que se ha convertido en la proyección en la televisión o en la proyección.
- 7- Se multiplica la distancia recorrida por el balón en la televisión o proyección por el factor de escala para así conocer su valor en la realidad.
- 8- Para hallar la velocidad se divide el resultado anterior por el tiempo transcurrido (0.02 ò 0.04 s).





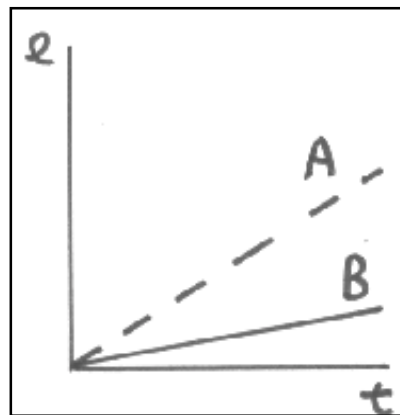
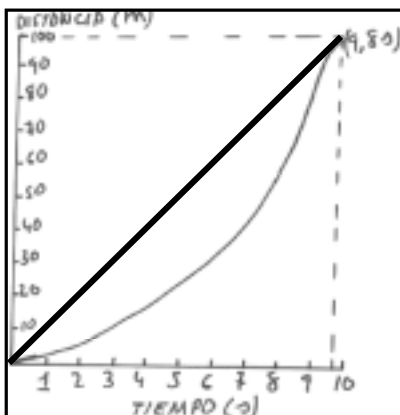
(Aguado, González e Izquierdo, 1997).

2- VELOCIDAD LINEAL MEDIA

A/ **Fórmula:**

$$\bar{v} = \frac{e}{\Delta t}$$

B/ **Gráficamente:**



Para hallar la velocidad media se unen mediante una línea el primer y último punto de la gráfica y la pendiente de esta línea es la velocidad media.

C/ Ejemplos prácticos:

Medir la velocidad entre varios fotogramas por medio.

Colocar 2 barreras fotoeléctricas a cierta distancia entre ellas.

Para calcular la velocidad media en los 100 m ò en la maratón se deberá conocer el tiempo realizado y se dividirá el espacio (100 m ò 42195 m) por tiempo. Se puede hallar la velocidad media por tramos de la carrera (pe de 10 en 10 km).

ACELERACIÓN

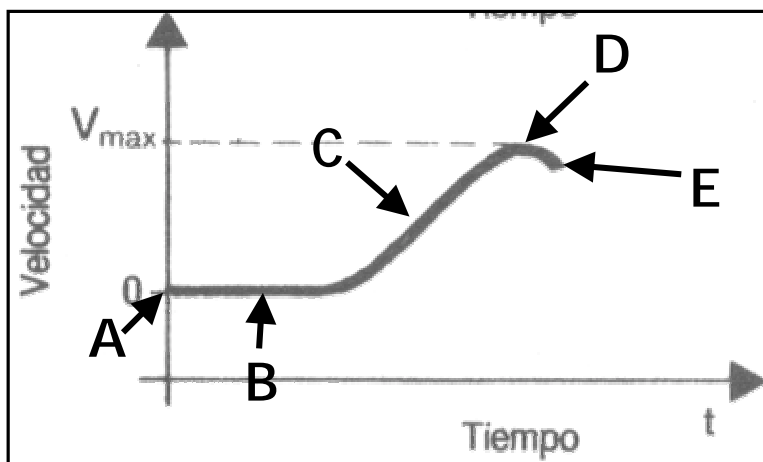
1- ACELERACIÓN LINEAL INSTANTÁNEA

A/ Fórmula:

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{v}{t} = \frac{dv}{dt}$$

B/ Gráficamente:

La evolución de la velocidad del CG en un salto SJ, desde el inicio hasta abandonar el suelo:



De forma parecida a como sucedía antes con la velocidad la aceleración instantánea será la pendiente que tenga en la gráfica de velocidad-tiempo una línea tangente a esta gráfica por el punto considerado.

En la gráfica anterior:

¿cuál es el punto con mayor velocidad?

¿de los cinco puntos marcados cuál tiene mayor aceleración?

¿cuáles tienen aceleración 0?

¿cuál desacelera (aceleración negativa)?

¿a qué fases del salto corresponden?

C/ Ejemplos prácticos:

Se pueden medir aceleraciones y desaceleraciones mediante acelerómetros, que son usados frecuentemente, pe en ensayos con nuevos modelos de zapatillas para conocer hasta qué punto amortiguan las fuerzas en la caída de un salto. Se suelen colocar en tibia, frente y cualquier otro lugar en el que la piel se encuentre cerca del hueso, sin músculo por medio.

Si se quieren calcular aceleraciones o desaceleraciones a partir de una grabación en vídeo se necesitará un fotograma más, que para el cálculo de la velocidad. Entre los 2 primeros fotogramas se calculará la primera velocidad. Entre el segundo y tercer fotograma se calculará la segunda velocidad. Como la aceleración es la variación de velocidad a lo largo del tiempo bastará restar la segunda velocidad a la primera y dividir el resultado por el tiempo transcurrido.

Con barreras fotoeléctricas será lo mismo, se necesitará registrar 2 velocidades, para lo que se deberán colocar un mínimo de 3 barreras fotoeléctricas.

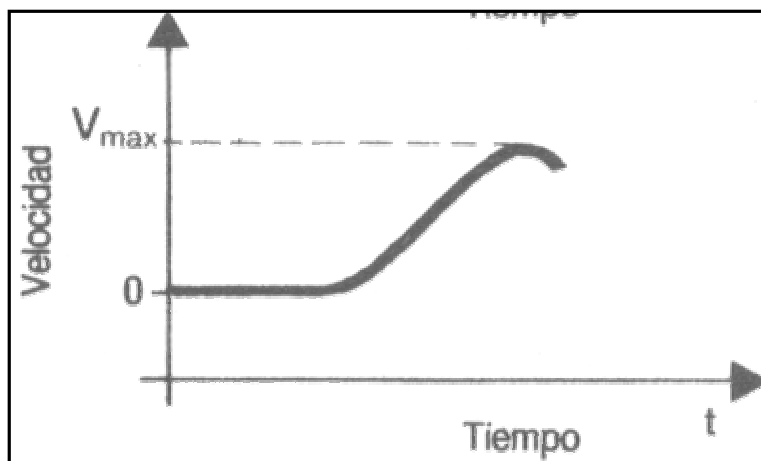
Si la primera velocidad que registramos es igual a la segunda, la aceleración será 0.

2- ACELERACIÓN LINEAL MEDIA

A/ **Fórmula:**

$$\bar{a} = \frac{v}{\Delta t}$$

B/ **Gráficamente:**

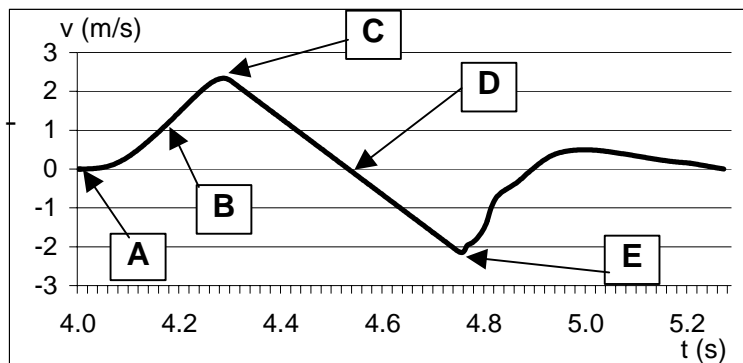


Es lo mismo que se explicaba en la velocidad pero respecto a la gráfica velocidad-tiempo.

C/ Ejemplos prácticos:

-Medir cambios de velocidad entre 2 instantes separados en el tiempo.

-Cambios de velocidad durante la batida, vuelo y aterrizaje en un SJ:



A- Inicio de la batida.

B- Incrementa la velocidad hacia arriba.

C- Máxima velocidad (en ese punto la aceleración es "0"). El despegue se produce poco después.

D- Punto más alto del "vuelo". La velocidad en ese punto es "0". Pero durante todo el vuelo la aceleración es constante (-9.8 m/s^2).

E- Llegada al suelo. La velocidad deja de aumentar en sentido negativo.

3- MOVIMIENTO ANGULAR

En él también se definen velocidades y aceleraciones, tanto medias como instantáneas.

Lo que varía es que en vez de espacio recorrido se contabiliza cambios en el ángulo.

En el SI se acepta la medición de ángulos en grados (°) y en radianes (rad).

1 rad = 57. 29°

El radián es el ángulo en el que el arco (e) es igual al radio (r).

Así la velocidad y aceleración instantáneas serán respectivamente:

$$\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\alpha}{t} = \frac{d\alpha}{dt}$$

$$\alpha = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\omega}{t} = \frac{d\omega}{dt}$$

Y la velocidad y aceleración medias serán respectivamente:

$$\bar{\omega} = \frac{\alpha}{\Delta t}$$

$$\bar{\alpha} = \frac{\omega}{\Delta t}$$

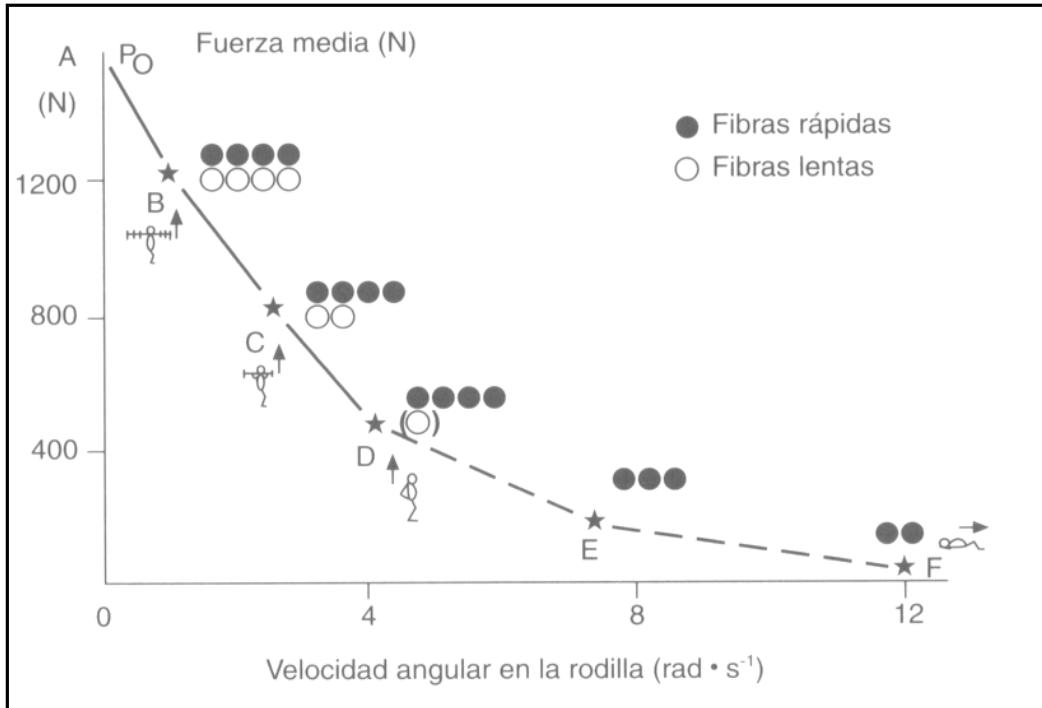
En las gráficas se considera lo mismo que respecto al movimiento angular. Lo que cambia es que en vez de espacio recorrido se representará variaciones en el ángulo y en vez de velocidad lineal se representará velocidad angular.

Prácticamente:

Se puede medir la velocidad y aceleración angular con electrogoniómetros colocando su(s) eje(s) de giro alineados con una articulación.

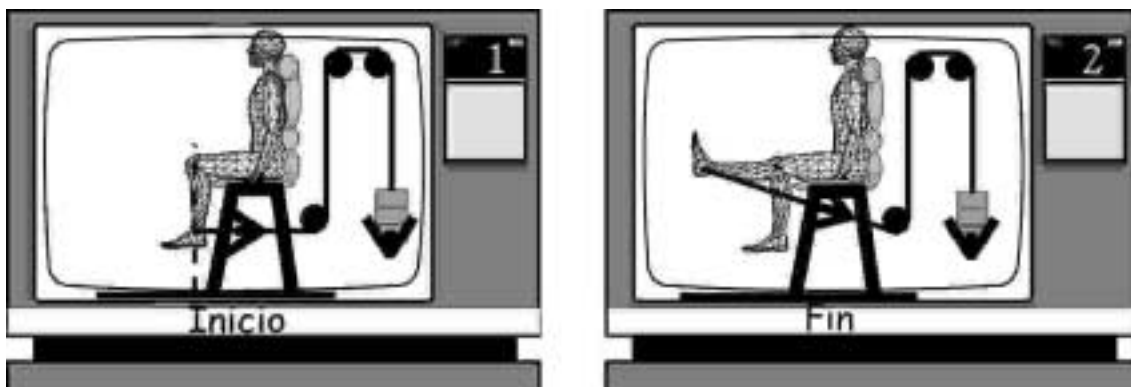
A partir de grabaciones en vídeo se pueden medir también velocidades y aceleraciones angulares.





(Bosco, 1985)

Esta gráfica muestra la relación inversa (exponencialmente) entre la carga que se soporta y la velocidad en realizar una extensión de rodillas. Al mismo tiempo muestra el diferente reclutamiento de tipos histológicos de fibras que se da.



Aguado, González e Izquierdo (1997)

Se puede medir la velocidad angular instantánea o media en la realización de cualquier ejercicio con pesas a partir de la grabación en vídeo, como se puede ver en los dibujos respecto a la extensión de la rodilla.

RELACIÓN ENTRE LA VELOCIDAD LINEAL Y ANGULAR

EVIDENCIAS:

* 2 atletas que corren en una pista de atletismo, respectivamente por las calles 1 y 5, que se encuentran en la curva y van a la par tienen la misma velocidad angular respecto al eje de giro de las calles (1 y 5) pero el atleta que tiene mayor radio hasta el eje de giro (el de la calle 5) está corriendo con una mayor velocidad lineal.



* Moviendo una raqueta de tenis en 2 golpes consecutivos con la misma velocidad angular respecto al hombro, la bola la golpeamos en la misma zona de la raqueta (en el centro), pero en el primer golpeo teníamos flexionado el codo y en el segundo extendido por lo que el radio de giro, desde el punto de golpeo hasta la articulación será mayor en el 2º caso. Así en el segundo caso el centro de la raqueta en el segundo caso se moverá con mayor velocidad lineal.

* Un gimnasta que realiza volteos en la barra fija manteniendo la postura a lo largo de los volteos; está moviéndose según lo que habíamos definido como movimiento angular. La velocidad angular de cualquier punto de su cuerpo es la misma, pero la velocidad lineal de la muñeca es menor que la de la parte superior de la cabeza y esta menor a su vez que la del ombligo y a su vez menor que la del primer dedo del pie. Es decir a mayor radio del punto considerado hasta el eje de giro mayor velocidad lineal.

ECUACIÓN:

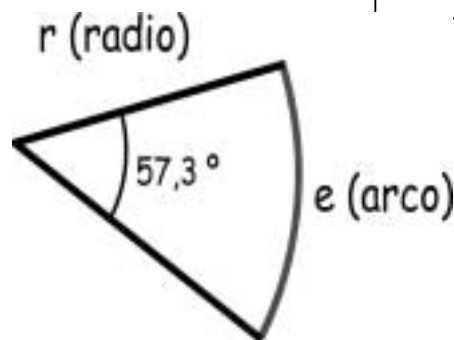
El radián es el ángulo cuyo arco equivale a su radio:

$$\boxed{1} \quad 1 \text{ rad } (\alpha) = \frac{\text{arco } (e)}{\text{radio } (r)}$$

$$\boxed{2} \quad e = \alpha \cdot r$$

$$\boxed{3} \quad \frac{e}{t} = \frac{\alpha \cdot r}{t}$$

$$\boxed{4} \quad v = \omega \cdot r$$



ACELERACIÓN CENTRÍPETA

El vector velocidad lineal de un cuerpo que realiza un movimiento angular a velocidad constante cambia a lo largo del tiempo constantemente su dirección.

La aceleración centrípeta es de dirección radial y sentido hacia dentro (hacia el eje de giro). Es la responsable de los constantes cambios de dirección del vector de velocidad lineal a lo largo del giro.

$$a_{cp} = \frac{v^2}{r}$$



3- MOVIMIENTOS PECULIARES: CAÍDA LIBRE, PARABÓLICOS Y PENDULARES

1- MOVIMIENTOS DE CAÍDA LIBRE:

DEFINICIÓN:

- MOVIMIENTO QUE DESCRIBEN LOS CUERPOS EN EL EJE VERTICAL (ARRIBA-ABAJO) EN “FASE AÉREA” (SIN SUJECIÓN O APOYO EN NINGÚN ELEMENTO).
- DEBIDO A LA ACCIÓN DE LA GRAVEDAD.
- INCLUYE LOS MOVIMIENTOS DE CAÍDA PROPIAMENTE, ASCENSO Y ASCENSO-DESCENSO.
- IDEALMENTE, SI NO SE DICE LO CONTRARIO CUANDO SE EXPLICAN LAS CARACTERÍSTICAS DE ESTOS MOVIMIENTOS SE DESPRECIA EL EFECTO QUE PUEDA TENER LA FUERZA DE RESISTENCIA.

CARACTERÍSTICAS DE ESTOS MOVIMIENTOS:

- 1- EL MISMO TIEMPO EN SUBIR QUE EN BAJAR
- 2- TODOS TARDAN LO MISMO EN CAER
- 3- LAS MISMAS VELOCIDADES: INICIAL Y FINAL
- 4- CON LAS MISMAS VELOCIDADES INICIALES LLEGAN A LA MISMA ALTURA
- 5- INDEPENDIENTEMENTE DEL MOVIMIENTO EN HORIZONTAL

ESTAS CARACTERÍSTICAS SE APLICAN A:

- 1- CG DE CUALQUIER OBJETO (IMPLEMENTOS DEPORTIVOS, MATERIAL DEPORTIVO, ..), QUE SEA LANZADO, GOLPEADO, IMPULSADO O CAIGA
- 2- EL CG DE LA PERSONA



EJEMPLOS COMENTADOS:

1- EL MISMO TIEMPO EN SUBIR QUE EN BAJAR

$$h = t^2 \times 1,226$$



$$T_A = T_B$$

$$T_T = T_A + T_B$$



A



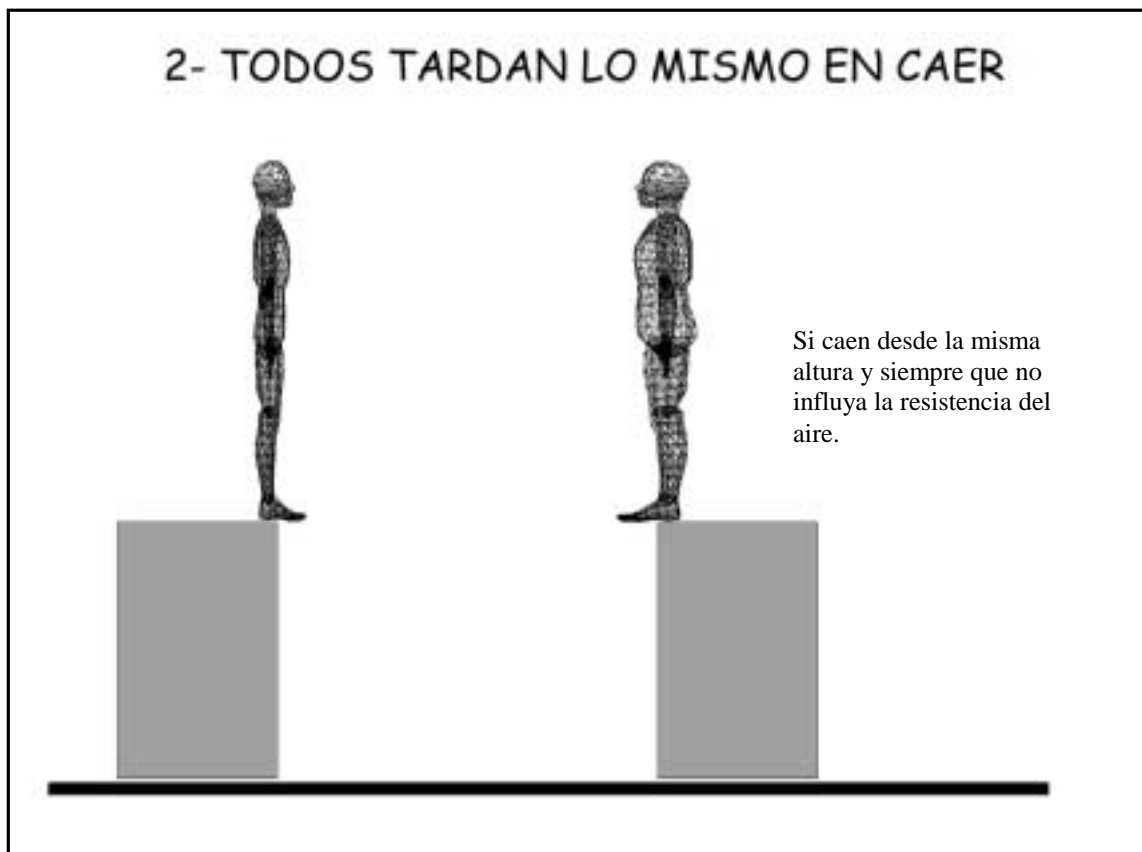
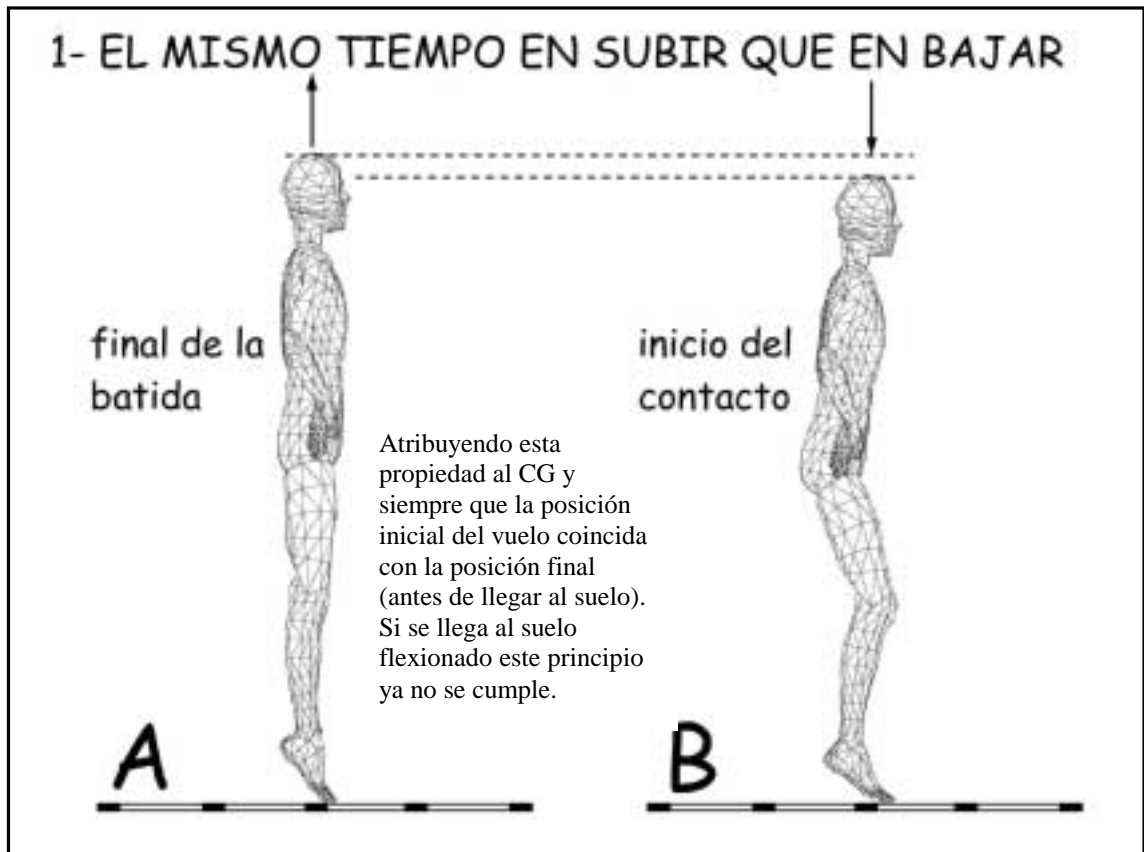
B

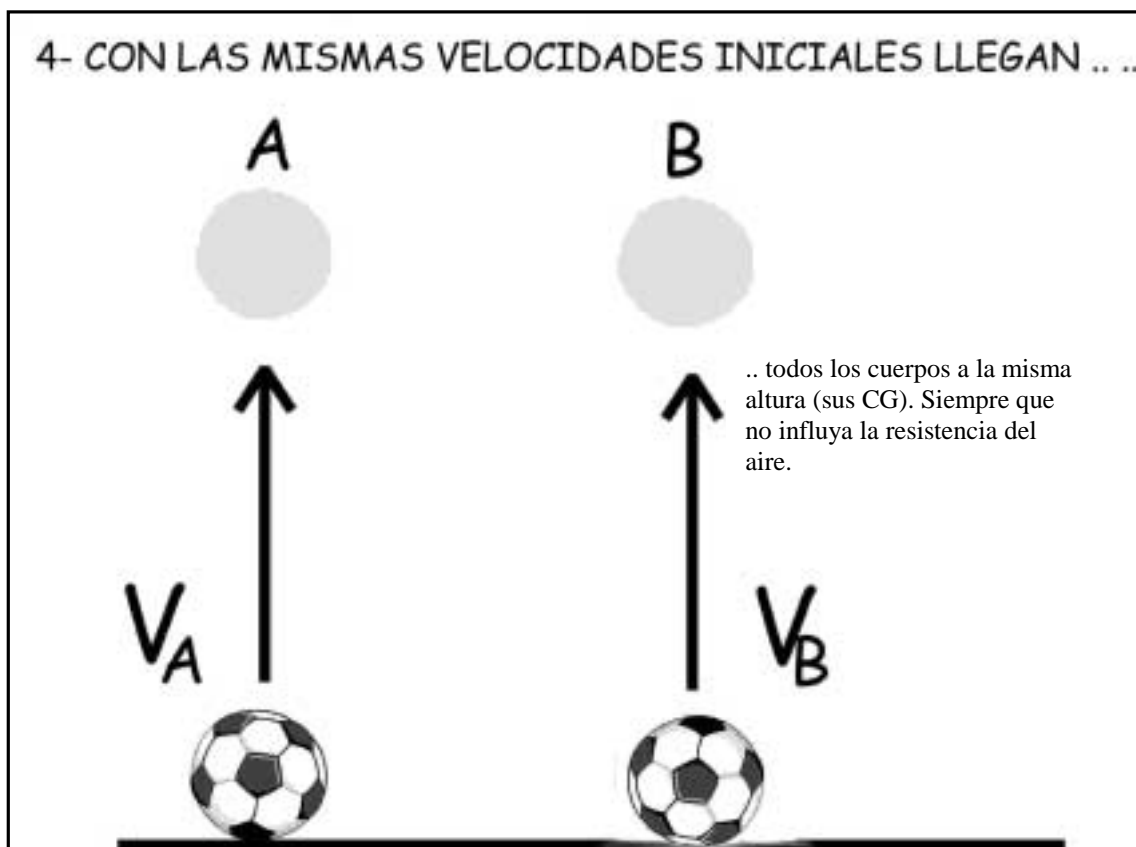
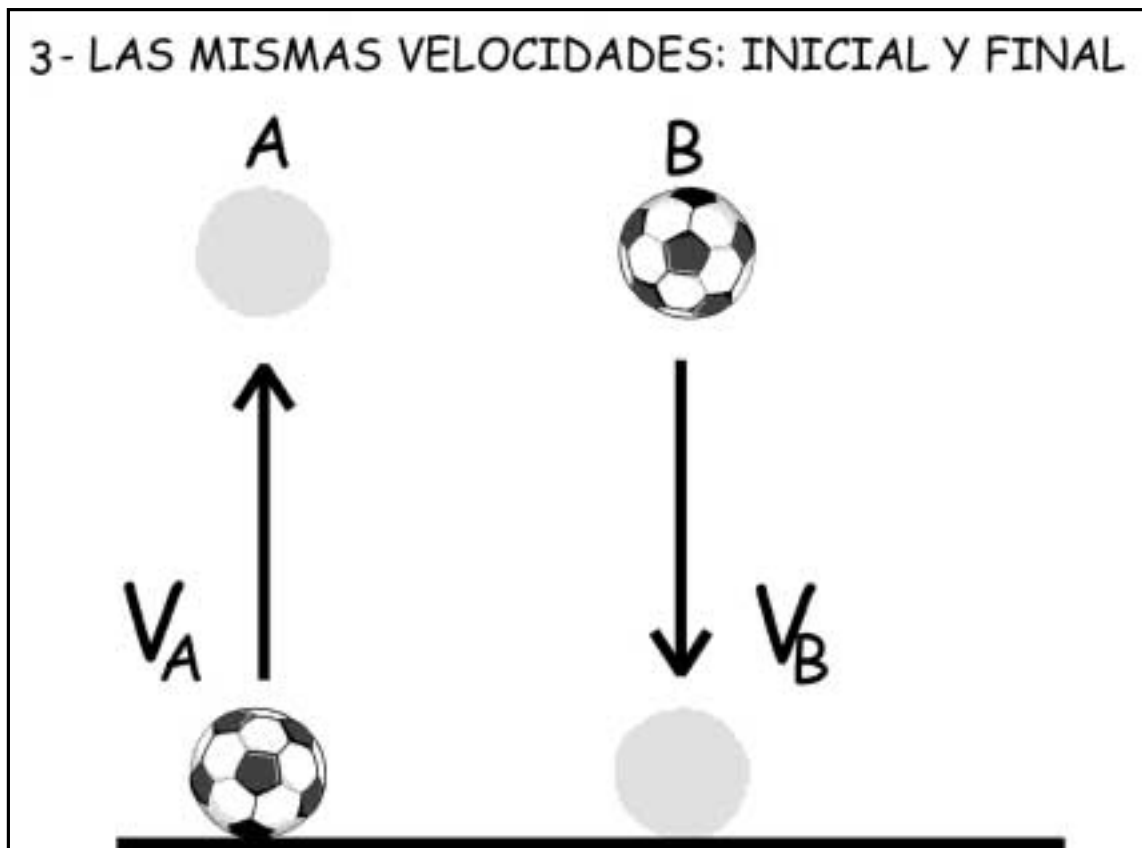
$$h = g \times t_T^2 / 8$$

$$h = v^2 / 2g$$

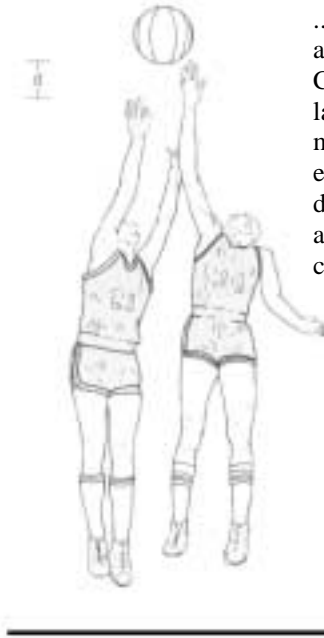


1- EL MISMO TIEMPO EN SUBIR QUE EN BAJAR



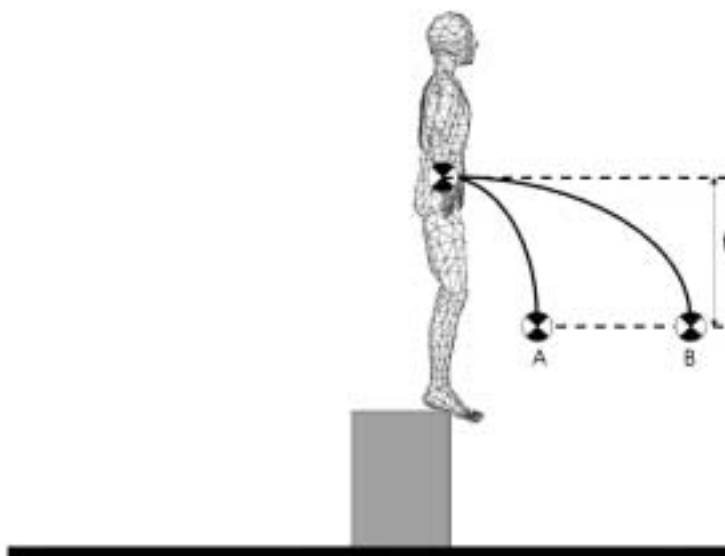


4- CON LAS MISMAS VELOCIDADES INICIALES LLEGAN



.. diferentes cuerpos a la misma altura. En este dibujo, aunque los CG de ambos jugadores llegarán a la misma altura si han partido con la misma velocidad, el jugador que estire más un miembro superior, dejando el resto del cuerpo lo más abajo posible logrará llegar más alto con la mano.

5- INDEPENDIENTEMENTE DEL MOVIMIENTO EN HORIZONTAL



$$t = \sqrt{2h \times g}$$

$$t = \frac{v_v}{g}$$

Preguntas:

- 1- ¿Por qué para medir una altura de un salto a partir de una grabación en vídeo es preferible hacerlo contando el tiempo de vuelo que midiendo directamente la altura cubierta. ¿por qué se cuenta el tiempo de vuelo total y no sólo el de ascenso?
- 2- ¿Qué criterios uso para saber dónde empiezo a medir el tiempo y dónde acabo? En el caso de querer medir el tiempo total de vuelo
- 3- ¿Cómo puedo saber la frecuencia de muestreo de mi magnetoscopio?

1- MOVIMIENTOS DE PARABÓLICOS:**DEFINICIÓN:**

- MOVIMIENTO QUE DESCRIBEN LOS CUERPOS EN “FASE AÉREA” (SIN SUJECIÓN O APOYO EN NINGÚN ELEMENTO), QUE PARTEN CON UNA DETERMINADA VELOCIDAD EN EL EJE HORIZONTAL.
- DEBIDO A LA ACCIÓN DE LA GRAVEDAD CUMPLIRÁN LOS MISMO PRINCIPIOS DE LOS MOVIMIENTOS DE CAÍDA LIBRE EN EL MOVIMIENTO EN EL EJE VERTICAL.
- LA VELOCIDAD HORIZONTAL PERMANECERÁ CONSTANTE A LO LARGO DEL VUELO.
- IDEALMENTE, SI NO SE DICE LO CONTRARIO CUANDO SE EXPLICAN LAS CARACTERÍSTICAS DE ESTOS MOVIMIENTOS SE DESPRECIA EL EFECTO QUE PUEDA TENER LA FUERZA DE RESISTENCIA.
- A LOS CUERPOS QUE REALIZAN MOVIMIENTOS PARABÓLICOS SE LES LLAMA EN FÍSICA “PROYECTILES”
- A LAS TRAYECTORIAS QUE DESCRIBEN ESTOS CUERPOS SE LAS DENOMINA PARÁBOLAS



- LA VELOCIDAD DE SALIDA ES: la velocidad que tiene el CG del proyectil al iniciar el vuelo

Y SE SUELE ABREVIAR COMO: V_0

- EL ÁNGULO DE SALIDA ES: ángulo entre la trayectoria inicial del CG al iniciar el vuelo y la horizontal. Otra definición idéntica es: el ángulo que tiene respecto a la horizontal el vector de velocidad inicial del CG

Y SE SUELE ABREVIAR COMO: α_0

- DIFERENCIA DE ALTURAS: la altura de salida (o liberación) menos la altura de llegada (al acabar el vuelo)

Y SE SUELE ABREVIAR COMO: h_0

CARACTERÍSTICAS DE ESTOS MOVIMIENTOS:

1- **CONOCIENDO** LA VELOCIDAD DE SALIDA, EL ÁNGULO DE SALIDA Y LA DIFERENCIA DE ALTURAS (entre salida y llegada) SE CONOCERÁ TODA LA TRAYECTORIA

2- LOS ÁNGULOS DE **SALIDA** Y **LLEGADA** SON IGUALES

3- LA **MAYOR DISTANCIA** CUBIERTA SE LOGRA CON ÁNGULOS DE SALIDA DE 45°

4- PARA LOGRAR LA MAYOR DISTANCIA EL FACTOR MÁS IMPORTANTE ES LA VELOCIDAD

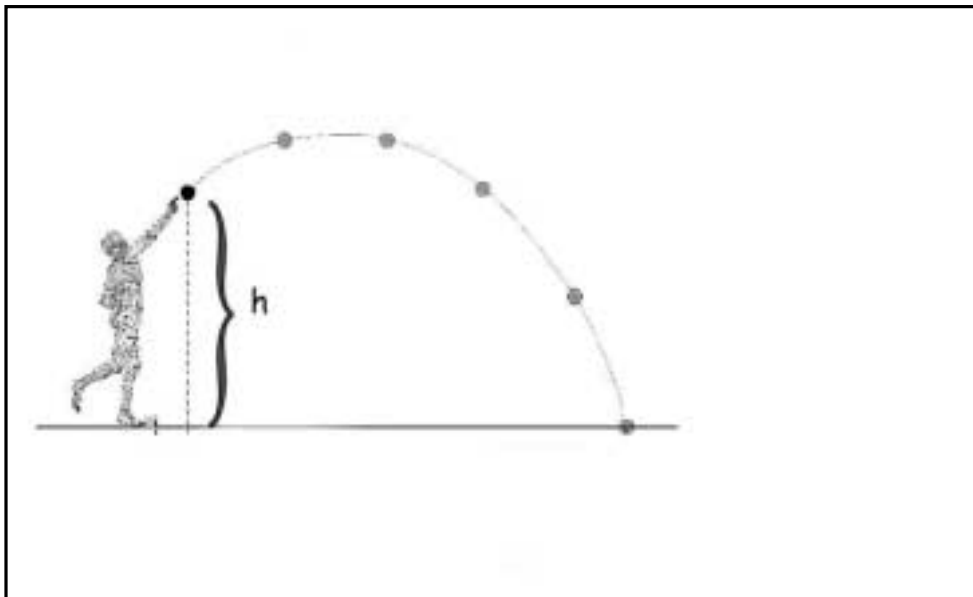
5- SE PUEDE **ANALIZAR** EL MOVIMIENTO EN VERTICAL **INDEPENDIEMENTE** DEL HORIZONTAL

ESTAS CARACTERÍSTICAS SE APLICAN A:

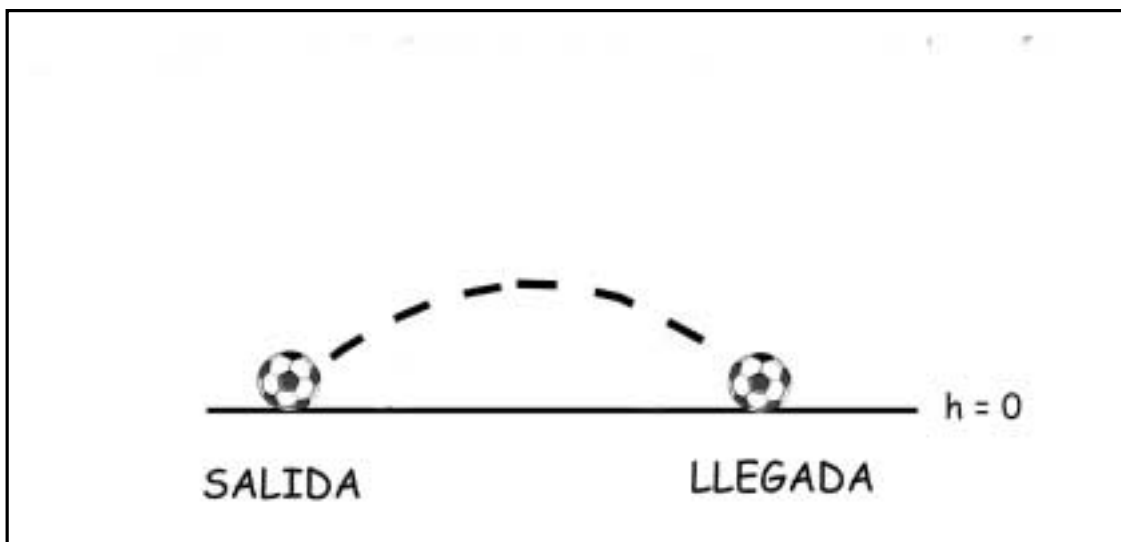
1- CG DE CUALQUIER OBJETO (IMPLEMENTOS DEPORTIVOS, MATERIAL DEPORTIVO, ..), QUE SEA LANZADO, GOLPEADO O CAIGA

2- EL CG DE LA PERSONA

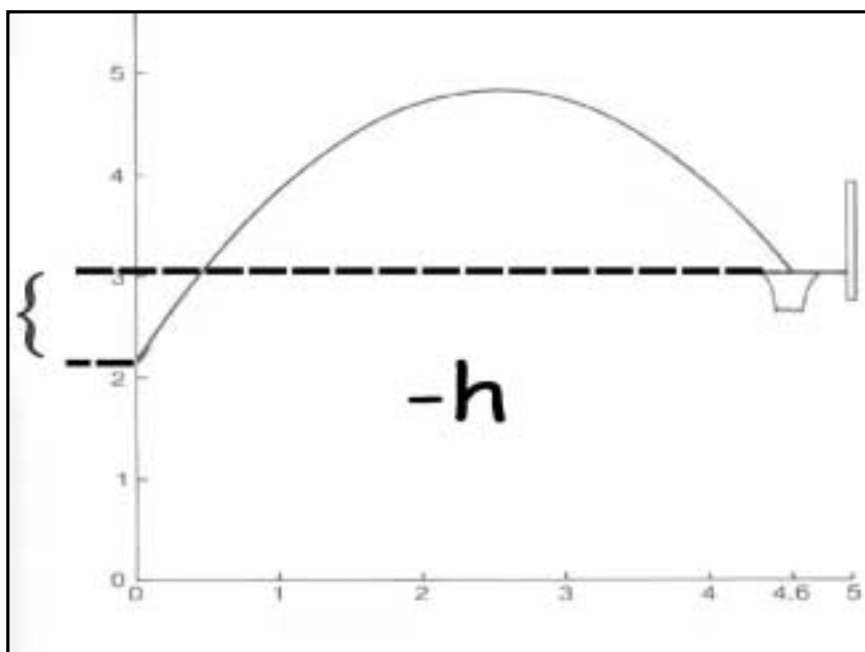




Diferencia de alturas positiva (entre salida y llegada).



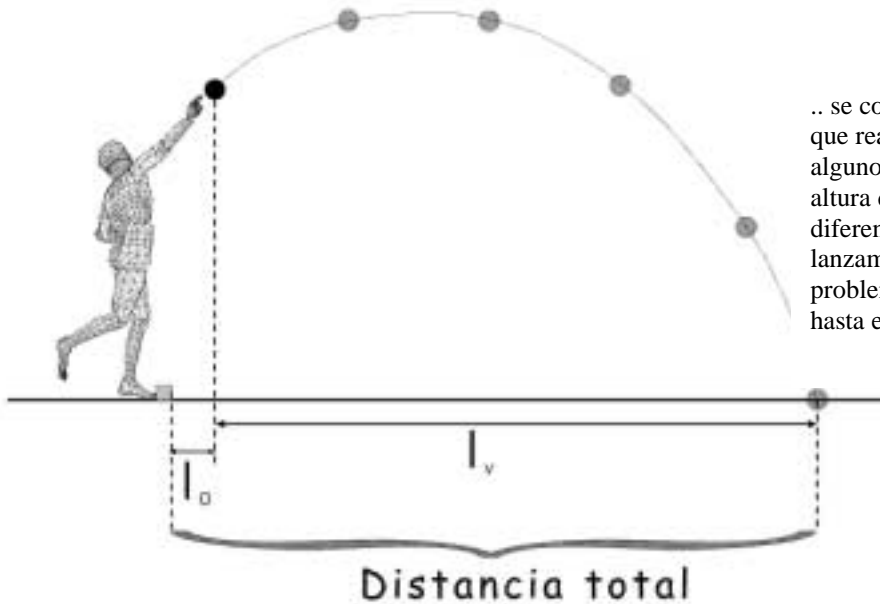
Diferencia de alturas = 0



Diferencia de alturas negativa.

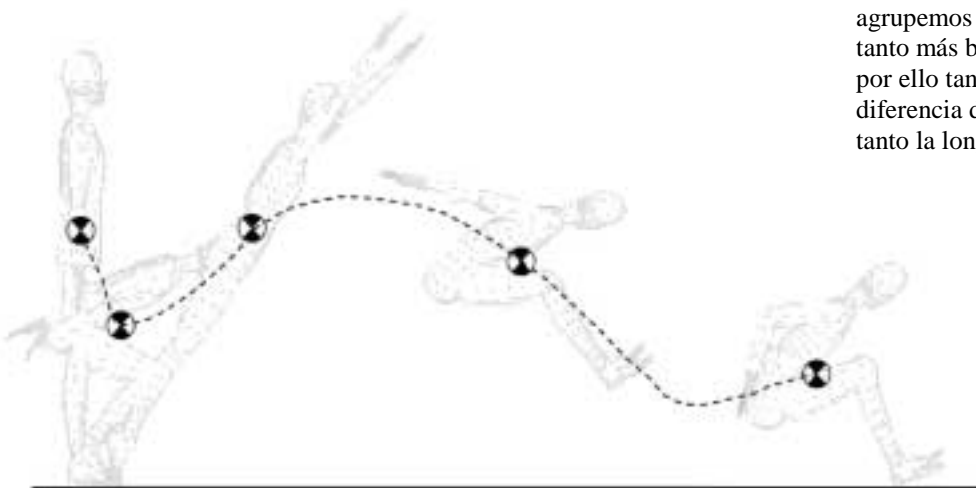
EJEMPLOS COMENTADOS:

1- CONOCIENDO LA VELOCIDAD DE SALIDA, ÁNGULO DE SALIDA Y ALTURA

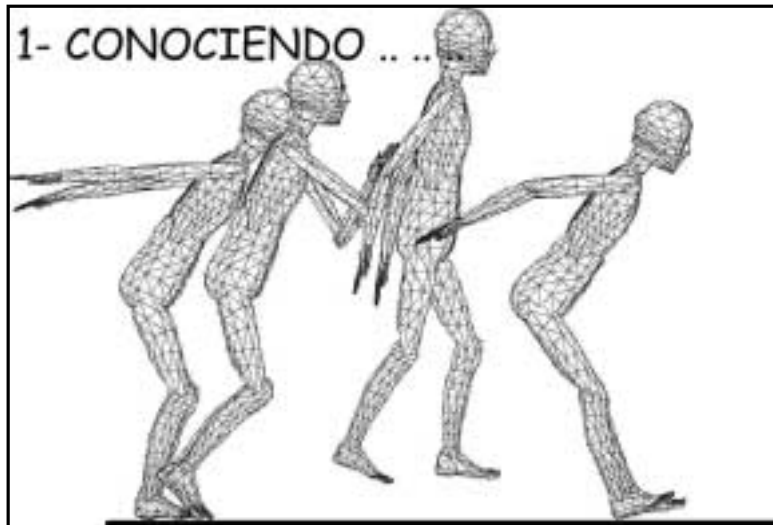


.. se conoce toda la trayectoria que realizará el proyectil. Aunque algunos libros lo expresan como altura de salida en realidad es diferencia de alturas y en lanzamiento de peso no hay problema porque el peso llegará hasta el suelo, pero...

1- CONOCIENDO LA VELOCIDAD DE SALIDA, ÁNGULO DE SALIDA Y ALTURA,

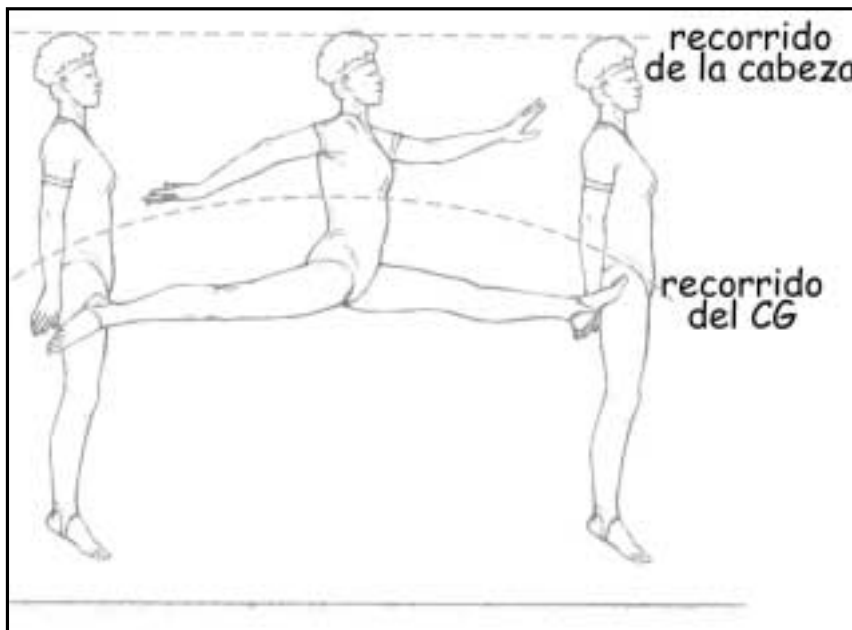


.. en saltos, cuanto más nos agrupemos al final del vuelo, tanto más bajo llegaremos y por ello tanto mayor será la diferencia de alturas y por tanto la longitud del salto.



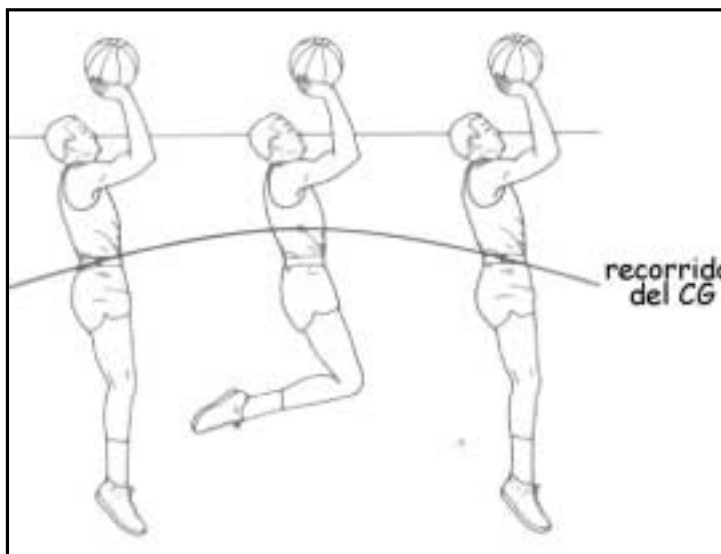
El salto horizontal a pies juntos desde parado es un test muy técnico y en personas poco acostumbradas a saltar y niños caen poco flexionados, perdiendo así la posibilidad de ganar distancia de vuelo.

Aguado, X.; Grande, I.;
 Izquierdo, M.; López, J.L.;
 Meana, M. y Mendoza, F. (2000).



Aunque el recorrido del CG queda definido por las características de los movimientos parabólicos (se hagan los movimientos que se hagan en el aire no se modifica esta trayectoria) es posible que alguna parte del cuerpo permanezca durante una parte del vuelo a la misma altura.

Mc Ginnis, P.M (1999).



Si mientras se asciende el jugador flexiona las rodillas y mientras desciende las extiende, puede durante una parte de su vuelo mantener la cabeza y el balón a la misma altura. Con ello da la impresión de que “*transgrede las leyes de la física*” y permanece más rato en el aire. Pero su CG describe un movimiento parabólico normal.

Hay (1993)

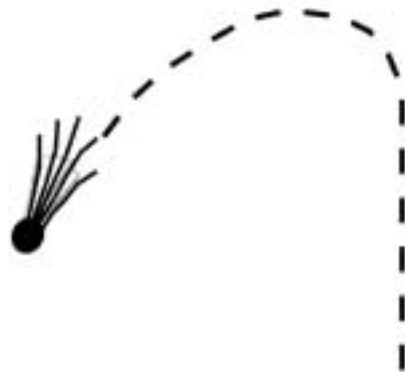
2- LOS ÁNGULOS DE SALIDA Y LLEGADA SON IGUALES

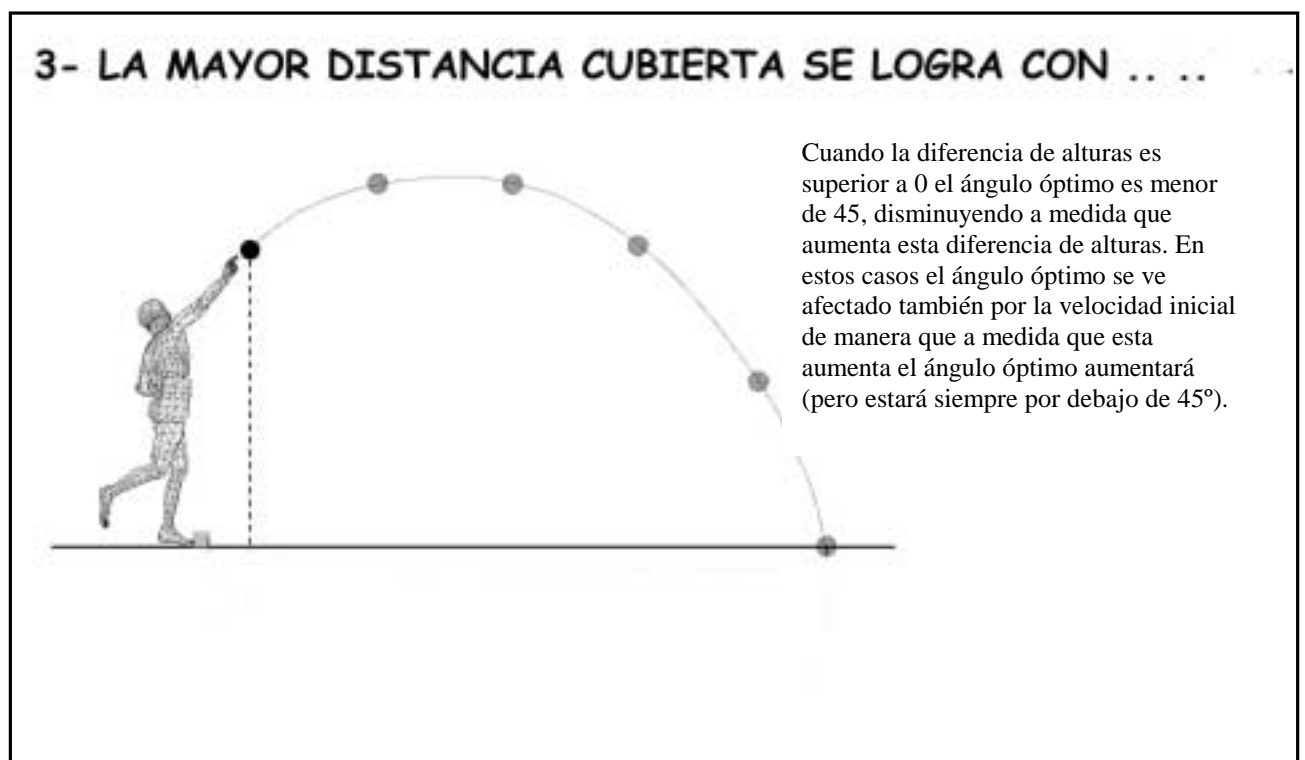
Siempre que no influya la resistencia del aire.



2- LOS ÁNGULOS DE SALIDA Y LLEGADA SON IGUALES

Cuanto más influya la resistencia del aire tanto mayor será el ángulo de llegada respecto al de salida. En el caso de indiacas y volantes los ángulos de llegada se acercan mucho a 90° en vuelos relativamente cortos.





Aguado,X.; Grande, I. y; López,J.L. (2000).

3- LA MAYOR DISTANCIA CUBIERTA SE LOGRA CON ..

ALTURA DEL LANZAMIENTO	VELOCIDAD DEL LANZAMIENTO					
	8,53	9,75	10,97	12,19	13,41	14,63
2,44	38° (9,55 m)	39° (11,88 m)	40° (14,50 m)	41° (17,41 m)	42° (20,62 m)	42° (24,12 m)
2,29	38° (9,43 m)	39° (11,76 m)	40° (14,37 m)	41° (17,28 m)	42° (20,49 m)	42° (23,98 m)
2,13	39° (9,31 m)	40° (11,63 m)	41° (14,24 m)	41° (17,15 m)	42° (20,35 m)	42° (23,84 m)
1,98	39° (9,19 m)	40° (11,51 m)	41° (14,11 m)	42° (17,01 m)	42° (20,21 m)	43° (23,71 m)

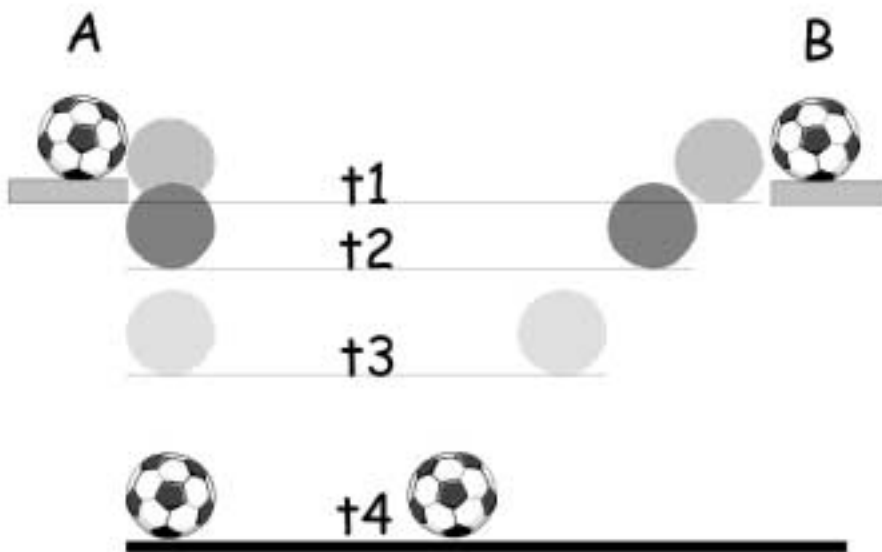
4- PARA LOGRAR LA MÁXIMA DISTANCIA EL FACTOR MÁS IMPORTANTE ES LA VELOCIDAD

LANZAMIENTO	h (m)	v ₀ (m / s)	α (º)	distancia (m)
1: REAL	2,09	13,21	35,9	19,39
2: + 5% h	2,19	13,21	35,9	19,52
3: + 5% v ₀	2,09	13,87	35,9	<u>21,17</u>
4: + 5 % α	2,09	13,21	37,69	19,59
5: α óptimo	2,09	13,21	42	19,77

Aguado,X.; Izquierdo,M.; González,J.L; López,J.L.y Burón,C. (1997).

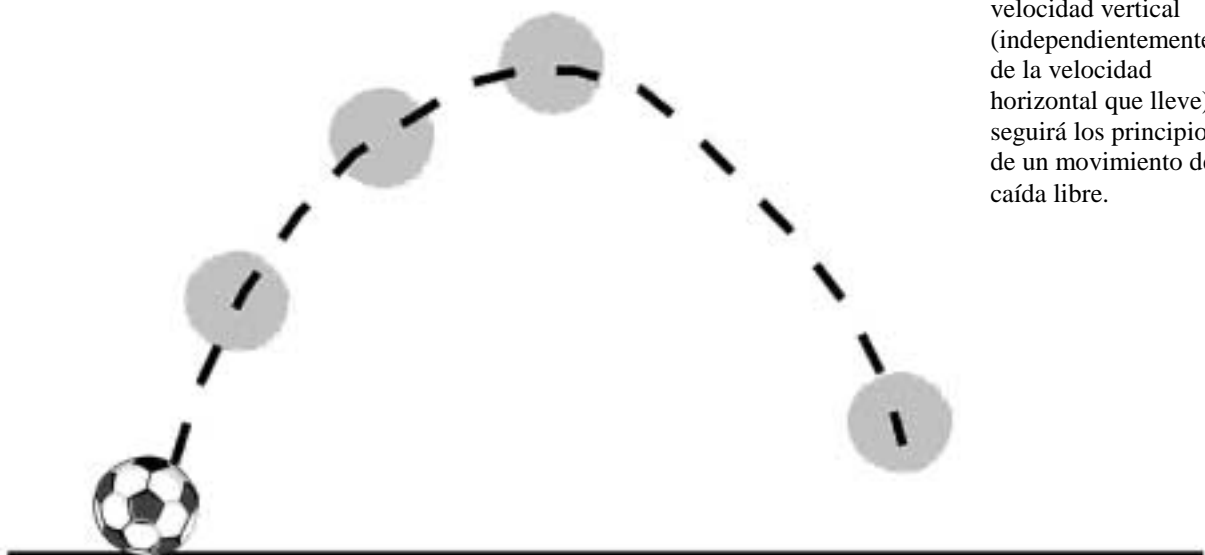


5- SE PUEDE ANALIZAR EL MOVIMIENTO EN VERTICAL... ..



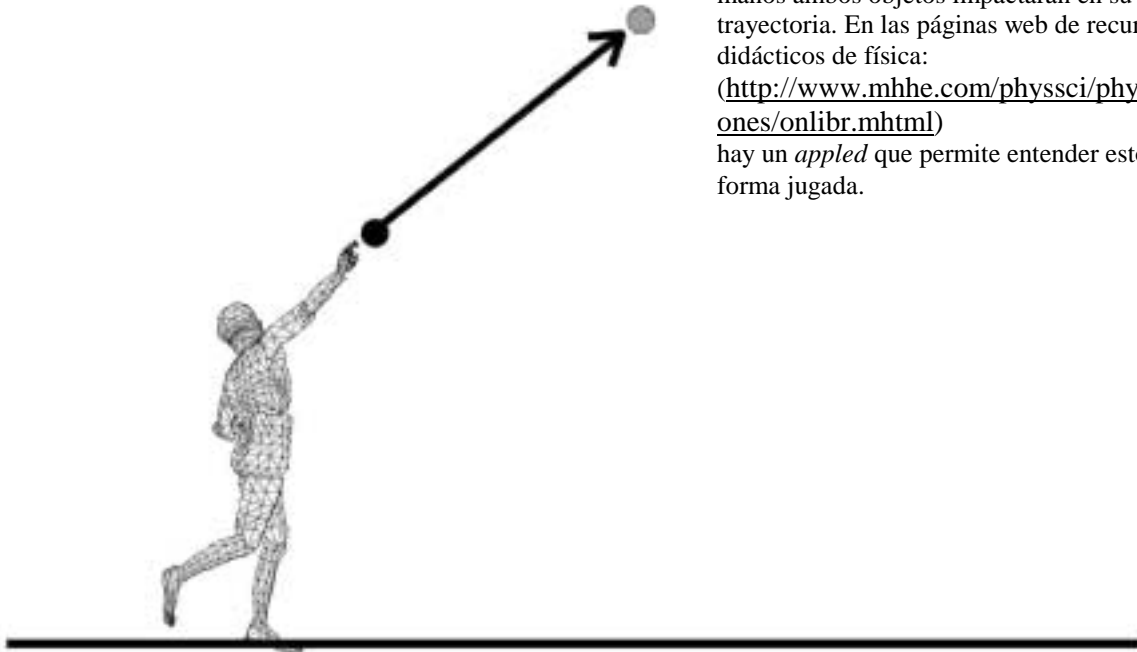
.. independientemente del movimiento en horizontal. Por ello, salvo factores aerodinámicos, el que se tenga mayor, menor o nula velocidad horizontal no afecta a que se tarde más o menos en caer.

5- SE PUEDE ANALIZAR EL MOVIMIENTO EN VERTICAL



En una parábola de un balón se pueden colocar los vectores de velocidad vertical (independientemente de la velocidad horizontal que lleve) y seguirá los principios de un movimiento de caída libre.

5- SE PUEDE ANALIZAR EL MOVIMIENTO EN VERTICAL ...



Si se lanza una bola en dirección de impacto contra un objeto, que se suelta y deja caer al mismo tiempo que la bola abandona nuestras manos ambos objetos impactarán en su trayectoria. En las páginas web de recursos didácticos de física:

(<http://www.mhhe.com/physsci/physical/jones/onlibr.mhtml>)

hay un *applet* que permite entender esto de forma jugada.

EJEMPLOS EN SALTO DE LONGITUD (Hay, 1993):

Con el ángulo y la velocidad de salida se conocen las velocidades vertical y horizontal de salida:

$$V_{v0} = V_0 \times \text{seno } \alpha$$

$$V_{h0} = V_0 \times \text{cos } \alpha$$

El ángulo de salida equivale a:

α_0 = ángulo de salida
 V_{h0} = Velocidad horizontal de despegue
 V_{v0} = Velocidad vertical de despegue

$$\alpha_0 = \text{arcotangente } \frac{V_{h0}}{V_{v0}}$$



Heike Dreschler:

Distancia del salto: 7,13 m

$$V_0 = 9,4 \text{ m/s}$$

$$\alpha = 15,6^\circ$$

$$V_{h0} = 9,4 \times \cos 15,6 = 9,4 \times 0,963 = 9,05 \text{ m/s}$$

$$V_{v0} = 9,4 \times \text{seno } 15,6 = 9,4 \times 0,2689 = 2,52 \text{ m/s}$$

Mike Powell:

Distancia del salto: 8,95 m

$$V_0 = 9,8 \text{ m/s}$$

$$\alpha = 23,2^\circ$$

$$V_{h0} = 9,8 \times \cos 23,2 = 9,8 \times 0,919 = 9,007 \text{ m/s}$$

$$V_{v0} = 9,8 \times \text{seno } 23,2 = 9,8 \times 0,393 = 3,86 \text{ m/s}$$

ATLETA	V_0	V_{h0}	V_{v0}	α	dist
HD	9,4	9,05	2,52	15,6	7,14
MP	9,8	9,007	3,86	23,2	8,95

FÓRMULAS DE LOS MOVIMIENTOS PARABÓLICOS Y DE CAÍDA LIBRE:

La distancia cubierta cuando se parte a una altura superior a la de caída:

$$d = \frac{V_0^2 \cdot \text{sen} \alpha \cdot \cos \alpha + V_0^2 \cdot \cos \alpha \cdot \sqrt{(V_0^2 \cdot \text{sen} \alpha)^2 + 2 \cdot g \cdot h}}{g}$$

La distancia cubierta cuando la altura de partida y de caída son iguales:

$$d = \frac{V_0^2 \cdot \text{sen} 2\alpha}{g}$$

La altura máxima alcanzada en el vuelo de un movimiento parabólico:

$$h = \frac{(V_0 \cdot \text{sen} \alpha)^2}{2 \cdot g}$$

Calcular la altura de un salto a partir del tiempo de no contacto en el suelo:

$$h = \frac{g}{2} \times \left(\frac{t_v}{2} \right)^2 \longrightarrow h = \frac{g \cdot t_v^2}{8}$$



Calcular la altura de un salto vertical a partir de la velocidad inicial

$$h = \frac{V_0^2}{2 \cdot g}$$

Calcular el tiempo en caer sabiendo la altura desde la que se cae:

$$t_D = \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}}$$

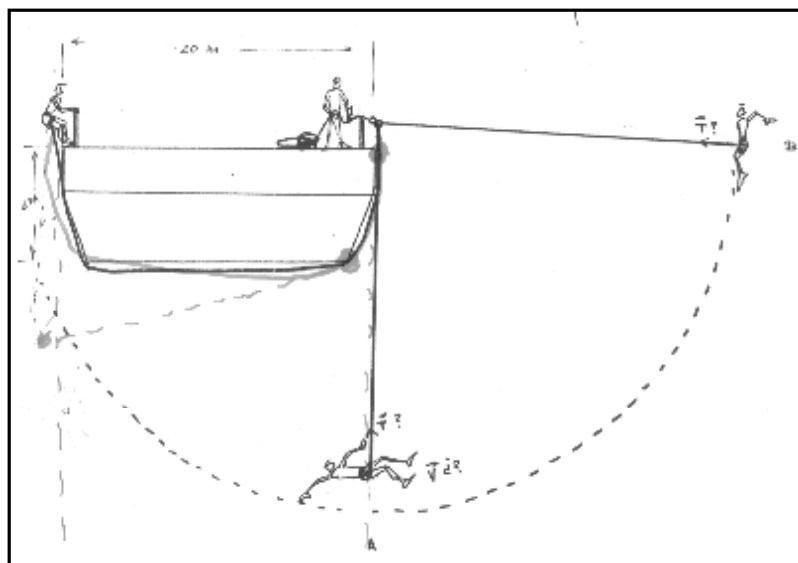
Si dejamos caer una bola desde 1,23 m tardará aproximadamente 0,5 s. Si lo grabamos en vídeo y lo reproducimos con un magnetoscopio a 25 Hz tendremos 12-13 saltos de fotogramas y si lo reproducimos a 50 Hz tendremos 25 saltos de fotogramas durante el vuelo. Esto nos puede servir de prueba para saber si nuestro magnetoscopio avanza a 25 o a 50 Hz; es decir si entre fotograma y fotograma pasa 0,02 s o 0,04 s.

Calcular el tiempo hasta llegar a lo más alto de un salto o lanzamiento en vertical a partir de saber la velocidad vertical de salida:

$$t_A = \frac{V_0}{g}$$

CARACTERÍSTICAS DE LOS MOVIMIENTOS PENDULARES:

- 1-Se gira respecto a un radio constante.
- 2- Se llega al otro extremo del recorrido a la misma altura de la que se ha partido.
- 3- Conociendo el radio y el ángulo se conoce la velocidad en el punto más bajo y el tiempo hasta llegar a el.



(Aguado,1993).

CONSIDERACIONES FINALES:**1**

LAS DIFERENTES VARIABLES MECÁNICAS DE LOS MOVIMIENTOS PARABÓLICOS EXPRESAN MUCHAS VECES DIFERENTES NIVELES TÉCNICOS DE EJECUCIÓN OTRAS GRADOS DE MADURACIÓN EN PATRONES DE MOVIMIENTO.

pe: características biomecánicas del “*punting*” de delanteros de fútbol americano con diferente nivel de habilidad. Smith, H. (1982): “*A cinematographical analysis of football punting*” . Tesis. University of Illinois recogido de Hay (1993)

Variables	Novato	Experto	Nivel intermedio
distancia de caída balón (m)	0,76	0,16	0,46
V₀ (m /s)	23	28	27
α (º)	32	47,5	31,5
distancia lograda (m)	42	56	52
tiempo del chute (s)	1,697	1,385	1,548



2

LA BIOMECÁNICA ES DIFERENTE A LA MECÁNICA

LAS CARACTERÍSTICAS QUE CONDICIONAN LOS MOVIMIENTOS PARABÓLICOS EN LOS PROPIOS SERES VIVOS (Y EN PARTICULAR EN EL HOMBRE) O QUE SON IMPULSADOS, CHUTADOS, LANZADOS POR ELLOS SON DIFERENTES A LAS QUE INTERVIENEN EN LANZAMIENTOS DE OBJETOS INERTES POR CAÑONES U OTROS INSTRUMENTOS.

ATLETA	DISTANCIA (m)	V_0 (m / s)	α (°)	α ÓPTIMO (°)
Mike Powell (USA)	8,95	9,8	23,2	43,3
Bob Beamon (USA)	8,90	9,6	24	43,3
Carl Lewis (USA)	8,79	10	18,7	43,4
Ralph Boston USA)	8,28	9,5	19,8	43,2
Igor Ter-Ovanesian (URS)	8,19	9,3	21,2	43,2
Jesse Owens (USA)	8,13	9,2	22	43,1
Elena Belevskaya (URS)	7,14	8,9	19,6	43,0
Heike Dreschler (GRD)	7,13	9,4	15,6	43,2
Jackie Joyner-Kersey (USA)	7,12	8,5	22,1	42,8
Anisoara Stanciu (Rum)	6,96	8,6	20,6	42,9
Vali Ionescu (Rum)	6,81	8,9	18,9	43
SueHearnshaw (GB)	6,75	8,6	18,9	42,9

Hay (1993).

