

**Núm. Orden:** 0294

**Título: ANALISIS BIOMECANICO TRIDIMENSIONAL DE LA PRUEBA DE VALLAS MASCULINA PARA ATLETAS DE 15 Y 16 AÑOS CON ALTURA DE 0,91 M Y DISTANCIA DE 8'90 M. ENTRE VALLAS**

**Autores:** D. Agustín Pérez Barroso; Dr. Fernando Vizcaíno Nodal; Dr. Enrique Navarro

**Procedencia:** Laboratorio Biomecánica I.N.E.F. Madrid.

**INTRODUCCION.**

La dificultad para entrenar la especialidad de vallas en España, parte de unas medidas reglamentarias muy exigentes para los atletas jóvenes. La I.A.A.F. establece las medidas reglamentarias de las pruebas de vallas para los Campeonatos Internacionales en las categorías de Juvenil a Senior. Las Federaciones Nacionales tienen total libertad en las categorías inferiores. Esto lleva a que no haya unanimidad en los diferentes países a la hora de fijar el reglamento que deben de realizar sus atletas jóvenes en las competiciones internas.

<b>Reglamento Español</b>	<b>Años</b>	<b>Distancia a la 1ª valla</b>	<b>Distancia entre vallas</b>	<b>Altura</b>
Antiguo reglamento	15 años	13	8,50	0,91
	16 años	13,72	9,14	1,00
Desde el año 91 al 2001	15 años	13,35	8,90	1,00
	16 años	13,35	8,90	1,00
Desde el año 2001	15 años	13	8,50	0,91
	16 años	13,35	8,90	1,00

Tabla 1

El reglamento en España varió de unas medidas asequibles a medidas más duras (Tabla 1). Los responsables del sector de vallas de la Federación Española, justificaban el endurecimiento del reglamento, debido a que, los atletas de menor estatura, gran potencial en velocidad y desarrollo prematuro, hacían unas marcas muy buenas, y aquellos con cualidades para las vallas se marchaban a otras pruebas. A cambio, proponían entrenar con altura y distancias más cortas. Durante este tiempo no se han logrado resultados destacados en los Campeonatos Internacionales Absolutos. Dentro del colectivo de entrenadores españoles, ha habido una corriente de opinión contraria a estas medidas. Si el objetivo era conseguir atletas altos y con caderas elevadas, el medio es seleccionar para las pruebas de vallas, atletas con estas características morfológicas. En el momento actual, se ha suavizado el reglamento, aproximándolo al que tuvieron los dos mejores atletas españoles durante su formación.

Comparando la acción técnica de los atletas de élite y la de nuestros jóvenes atletas, observamos diferencias de base, que van a impedir que se consigan resultados brillantes en edades posteriores. Estos errores técnicos esenciales, asociados a la iniciación deportiva, son muy difíciles de erradicar en fases posteriores del desarrollo deportivo del atleta.

El entrenamiento en jóvenes, dentro de cualquier deporte, es el problema que históricamente menos esfuerzos científicos se ha aplicado. Muchas veces se ha tratado el entrenamiento de niños como un mero pasatiempo, sin tener en cuenta que el camino para el alto rendimiento es largo, y debe de estar planificado durante largos ciclos. Otras veces, se ha pretendido entrenar a los niños de la misma forma y con los mismos medios que a atletas ya formados y con muchos años de entrenamiento a sus espaldas. La elección de medios de entrenamientos, de cargas, así como ejercicios, no ha seguido la mayoría de las veces un camino correcto.

Si en cualquier deporte es imprescindible respetar los ritmos de desarrollo específicos en los niños, en deportes con implicaciones técnicas aún más. Afortunadamente, en el momento actual, cada vez es más frecuente la aparición de estudios cuyos protagonistas eran nuestros jóvenes atletas.

McFARLANE, Brent (1994) indica que la elección de la altura y distancia en las pruebas de vallas cortas, para las distintas edades, no ha seguido habitualmente en ningún país un proceso científico que resuelva el problema de progresión de las cualidades del vallista a lo largo de los años (Tabla 2). EKVALL (1999) señala a España, Islandia, Gran Bretaña y Estonia, como los países que mantienen un reglamento en peores condiciones para los atletas.

KOROSTELYOV (1999) afirma que “..los atletas... desarrollan un estilo específico para pasar vallas. Estos estilos ... son debidos a la reacción compensatoria relacionada con la edad entre el nivel de capacidad de velocidad-fuerza y de técnica y sus requisitos impuestos por el reglamento de su edad”. También señala que “.. la mejora de la técnica en la competición, no se puede conseguir sin una corrección meticulosa del estilo en el paso de valla desarrollado por el atleta en una edad temprana” Como recomendaciones en la iniciación, señala la modificación del reglamento tanto en altura como en la distancia de las vallas y el control de la zancada entre vallas.

**TABLA 1. Distancias reglamentarias en las pruebas de vallas cortas de diversos países.**  
(McFARLANE, Brent)

PAIS	EDAD	DISTANCIA	ALTURA	SALIDA	ENTRE VALLAS	LLEGADA
ALEMANIA	15	110 M.V.	91CM	13,72	8,9	
	16	110 M.V.	91CM	13,72	8,9	
ESTONIA	15	110 M.V.	91 CM			
	16	110 M.V.	91 CM			
SUECIA	15	110 M.V.	91 CM			
	16	110 M.V.	91 CM			

ISLANDIA	15	100 M.V.	91 CM			
	16	100 M.V.	91 CM			
NORUEGA	15	100 M.V.	91 CM			
	16	100 M.V.	91 CM			
ISLANDIA	15	100 M.V.	91 CM			
	16	100 M.V.	91 CM			
DINAMARCA	15	80 M.V.	84 CM			
	16	100 M.V.	91 CM			
ALEMANIA	15	80 M.V.	84 CM			
	16	110 M.V.	91 CM			
FINLANDIA	15	100 M.V.	84 CM			
	16	100 M.V.	91 CM			
HOLANDA	15	100 M.V.	84 CM			
	16	110 M.V.	91 CM			
SUIZA	15	100 M.V.	84 CM	13	8,5	12
	16	110 M.V.	91 CM	13,72	9,14	14,02
FRANCIA	15	100 M.V.	84 CM	13	8,5	10,5
	16	110 M.V.	91 CM	13,72	9,14	14,02
GRAN BRETAÑA	15	100 M.V.	84 CM	13	8,5	10,5
	16	110 M.V.	91 CM	13,72	9,14	14,02
ESLOVAQUIA	15	100 M.V.	84 CM			
	16	110 M.V.	100 CM			
CUBA	15	100 M.V.	84 CM	13,72	9,14	14,02
	16	110 M.V.	100 CM	13,72	9,14	14,02
CANADA	15	100 M.V.	91 CM	13	8,5	10,5
	16	100 M.V.	100 CM	13	8,5	10,5
BELGICA	15	100 M.V.	91 CM	13	8,5	10,5
	16	110 M.V.	100 CM	13,72	8,9	
EEUU	15	110 M.V.	91 CM	13,72	9,14	14,02
	16	110 M.V.	100 CM	13,72	9,14	14,02
ESPAÑA	15	100 M.V.	91 CM	13	8,5	16,55
	16	110 M.V.	100 CM	13,35	8,9	16,55

Tabla 2.

### **OBJETIVOS.**

La revisión bibliográfica efectuada permite señalar los siguientes puntos básicos en los atletas especialistas:

1. Los pasos de carrera realizados entre las vallas son más cortos que los realizados en una carrera de velocidad en liso.
2. Los tiempos de apoyo y de vuelo en los franqueos de las vallas son más cortos que en las pruebas de saltos. También los tiempos de apoyo y de vuelo en los pasos de carrera entre vallas, son más cortos que en los pasos de las carreras de velocidad en liso.
3. La tercera característica es el eficaz paso sobre la valla, gracias a conseguir una mayor velocidad horizontal posible durante el impulso, y así permitir al atleta perder en el aire el menor tiempo posible.

Los objetivos del presente trabajo son:

1. Cálculo de variables cinemáticas y temporales a partir de imágenes 3D, relacionadas con la unidad de paso de valla (distancia desde la batida de una valla hasta la batida de la siguiente valla) en las edades de 15 y 16 años.
2. Análisis de variables calculadas para valorar las medidas reglamentarias elegidas para atletas vallistas de 15 y 16 años.

### **MATERIALES.**

Para la filmación se utilizaron 3 cámaras, 2 de ellas PANASONIC SVHS NV-MS5 nº J8HB00152 y J8HB00206, a 25 Hz, colocadas sobre trípodes, y la tercera cámara Sony Super 8 para grabar el desarrollo de la experiencia, películas SONY Súper VHS de 180 m., 1 Anemómetro para la medición de la velocidad de viento modelo MONDO, pistola de salidas, 2 vallas y unos tacos de salida modelo MONDO. Para el tratamiento de las imágenes, un equipo informático y el software para el tratamiento de las imágenes. El paquete informático fue desarrollado en el Laboratorio de Biomecánica del I.N.E.F. de Madrid.

### **METODO.**

Se eligieron para el estudio a 13 atletas masculinos de 15 y 16 años. Los atletas se seleccionaron de forma aleatoria en 4 concentraciones de la R.F.E.A. realizadas en Cartagena, Barcelona y Madrid. Todos los atletas entrenaban para la especialidad de vallas con mayor o menor éxito.

En un recorrido de 60 m.v. cronometrado y con salida sonora, se filmó a cada atleta 3 veces desde la impulsión de la 4ª valla hasta la caída de la 5ª. Las vallas se colocaron a 0'91 mts. de altura y separadas entre sí 8'90 mts. De todos los recorridos se desechó el mejor y el peor de cada atleta.

Las cámaras se colocaron en el lateral interno del recorrido, formando los ejes ópticos un ángulo aproximado de 90°. Antes de filmar los recorridos, se grabó el sistema de calibración formado por un cubo de 2 x 2 x 2. A partir de ese momento, se mantuvieron inmóviles las cámaras, tanto en su posicionamiento físico, como en su enfoque.

Las imágenes seleccionadas de cada cámara así como el sistema de calibración, fueron capturadas en un ordenador, obteniéndose 50 imágenes por segundo, al desdoblarse las imágenes filmadas por el Vídeo a 25 Hz. Posteriormente se procedió a la digitalización de las imágenes. Este proceso consiste en localizar en cada fotograma los 21 puntos corporales del atleta, que definen el modelo de Clauser (1969). Finalizada esta operación, se obtienen las coordenadas 3D de cada secuencia, para poder calcular las distintas variables. El resultado final se consigue gracias a un software que gestiona todo el proceso de digitalización y el cálculo de las coordenadas 3D, almacenando la información en ficheros.

Partiendo de la idea que el objetivo del análisis biomecánico es conseguir datos reales sobre la posición del cuerpo durante la realización de un gesto deportivo, debemos de tener en cuenta, los posibles errores aleatorios que contengan los datos, producidos como consecuencia de la digitalización de las imágenes. Por ello, es necesario un filtrado de datos. En nuestro caso, el filtrado de las coordenadas se ha realizado mediante “Funciones Spline de quinto grado”.

## RESULTADOS.

Las variables calculadas se han obtenido mediante una aplicación informática desarrollada en el Laboratorio de Biomecánica del I.N.E.F. de Madrid (Tabla 3).

VARIABLES CALCULADAS	MEDIA	MEDIA 15 AÑOS	MEDIA 16 AÑOS
DISTANCIA ATAQUE A LA 1ª VALLA	2,11± 0,18	2,16± 0,19	2,06± 0,16
DISTANCIA ATAQUE A LA 2ª VALLA	2,17± 0,18	2,25± 0,21	2,11± 0,13
DISTANCIA RECEPCION DE LA 1ª VALLA	1,29± 0,14	1,23± 0,14	1,34± 0,11
DISTANCIA RECEPCION DE LA 2ª VALLA	1,19± 0,12	1,14± 0,09	1,24± 0,13
DISTANCIA DE LA VALLA A VERTICAL DEL PUNTO MAX. CDG EN EL FRANQUEO 1ª VALLA	0,32± 0,14	0,37± 0,15	0,27± 0,11
DISTANCIA DE LA VALLA A VERTICAL DEL PUNTO MAX. CDG EN EL FRANQUEO 2ª VALLA	0,40± 0,15	0,45± 0,18	0,36± 0,13
LONGITUD FRANQUEO DE LA 1ª VALLA	3,39± 0,14	3,39± 0,16	3,40± 0,14
LONGITUD FRANQUEO DE LA 2ª VALLA	3,36± 0,15	3,39± 0,18	3,35± 0,14
LONGITUD 1º PASO	1,41± 0,10	1,37± 0,08	1,45± 0,11
LONGITUD 2º PASO	1,90± 0,17	1,88± 0,20	1,92± 0,14
LONGITUD 3º PASO	1,90± 0,07	1,88± 0,09	1,92± 0,05
DURACION DE LA 4º UNIDAD DE VALLAS (Sg)	1,29± 0,10	1,33± 0,11	1,26± 0,08
TIEMPO DE CONTACTO EN RECEPCION DE LA 1ª VALLA (Sg)	0,093± 0,23	0,100± 0,32	0,087± 0,11
TIEMPO DE CONTACTO EN 2º APOYO (Sg)	0,120± 0,17	0,125± 0,19	0,116± 0,15



DISTANCIA ATAQUE A LA VALLA	2,05-2,15	2,20-2,30	1,90-2,20	2,05-2,15	2.12 ± 0.14	
DISTANCIA RECEPCION DE LA VALLA	1,20-1,30	1,30-1,40	1,40	1,11-1,20	1.50 ± 0.15	
DISTANCIA DE LA VALLA A VERTICAL DEL PUNTO MAX. CDG EN EL FRANQUEO	0,30				0.03 ± 0.15	
LONGITUD FRANQUEO DE LA VALLA	3,58 ± 0,03	3,50-3,70	3,50	3,61-3,55	3,62 ± 0,13	
LONGITUD 1º PASO	1,63 ± 0,03	1,60	1,55-1,60	1,66-1,60	1,58 ± 0,09	1,55-1,75
LONGITUD 2º PASO	2,03 ± 0,02	2,00	2,00-2,20	2,05-2,01	2,06 ± 0,08	2,00-2,20
LONGITUD 3º PASO	1,87 ± 0,03	1,94	2,00	1,90-1,84	1,90 ± 0,09	1,80-1,95
DURACION DE LA 4º UNIDAD DE VALLAS (Sg)	1"00-1"03	1"00				
TIEMPO DE CONTACTO EN RECEPCION DE LA VALLA (Sg)	0,095	60%		0,100-0,090	0,091 ± 0,009	
TIEMPO DE CONTACTO EN 2º APOYO (Sg)	0,155			0,157-0,153	0,125 ± 0,110	
TIEMPO DE CONTACTO EN 3º APOYO (Sg)	0,110			0,114-0,106	0,113 ± 0,010	

TIEMPO DE CONTACTO EN IMPULSO A LA VALLA (Sg)	0,110-0,120			0,123-0,117	0,117 ± 0,009
TIEMPO DE VUELO EN LA VALLA (Sg)	0,330	40%		0,332-0,328	0,335 ± 0,025
TIEMPO DE VUELO EN 1º PASO (Sg)	0,085		0,088-0,082	0,072 ± 0,009	
TIEMPO DE VUELO EN 2º PASO (Sg)	0,110		0,115-0,105	0,112 ± 0,015	
TIEMPO DE VUELO EN 3º PASO (Sg)	0,085		0,087-0,082	0,083± 0,013	
VELOCIDAD HORIZONTAL IMPULSO VALLA (M/Sg)					8,82 ± 0,26
ANGULO DE INCLINACION DEL TRONCO EN LA IMPULSION A LA VALLA (°)				65°	
ANGULO DE INCLINACION MAXIMA DEL TRONCO EN EL FRANQUO DE LA VALLA (°)				45-50°	

Tabla 4

## DISCUSION DE LOS RESULTADOS.

a) Duración de la 4ª Unidad de vallas.

POOLE (1989) recomienda que las distancias entre vallas utilizadas en los entrenamientos, se ajusten para que los tiempos que realice el atleta sean alrededor de 1"0. Los diferentes autores coinciden en que los atletas de alto nivel deben de realizar estos tiempos en el recorrido de la 4ª a la 5ª valla. Los tiempos medios de los atletas analizados es superior en un 29%, siendo aún mayor en los atletas de 15 años.

b) Longitud de pasos entre vallas.

CHANON (1987), afirma que la longitud de paso de un atleta de alto nivel en una carrera de velocidad en liso suele tener como media entre 2,20 a 2,30 mts.. Relacionando esta longitud de paso, con la longitud media de los tres pasos entre vallas en los atletas internacionales, obtenemos que:

- El primer paso es como media un 76% de la longitud de paso en la carrera de velocidad lisa. Este paso debe de ser el más pequeño.
- El segundo paso es como media un 89% de la longitud de paso en la carrera de velocidad lisa. Este paso debe de ser el más largo.
- El tercer paso es como media un 81% de la longitud de paso en la carrera de velocidad lisa. Su longitud le hace intermedio entre los otros dos pasos.

De los resultados se deduce que la zancada de la carrera de vallas es más corta que la zancada de carrera en lisos.

En atletas españoles de 15-16 años, Valentín ROCANDIO afirma que la longitud media de la carrera en lisos es de 1,85 a 1,90 mts. Relacionando los datos de la carrera lisa, con los datos obtenidos en el análisis sobre longitud media de cada paso entre vallas, deducimos que todos los atletas estudiados realizan alguno de los pasos con una longitud cercana ó superior a la media de la carrera lisa (Tabla 5).

En cuanto al ritmo de carrera, se observa que un 50% de los atletas de 15 años tienen como paso más largo el tercero, mientras que en los atletas de 16 años, es solo un 23%.

	1º PASO		2º PASO		3º PASO	
	LONGITUD	%	LONGITUD	%	LONGITUD	%
1º ATLETA	1,30	69,52	1,86	99,47	1,79	95,72
2º ATLETA	1,56	83,42	1,94	103,74	1,85	98,93
3º ATLETA	1,46	78,07	1,62	86,63	1,91	102,14
4º ATLETA	1,38	73,80	1,81	96,79	1,90	101,60
5º ATLETA	1,45	77,54	2,05	109,63	1,77	94,65
6º ATLETA	1,35	72,19	1,70	90,91	1,90	101,60
7º ATLETA	1,26	67,38	1,77	94,65	2,01	107,49
8º ATLETA	1,58	84,49	1,94	103,74	1,88	100,53
9º ATLETA	1,36	72,73	2,16	115,51	2,00	106,95
10º ATLETA	1,57	83,96	1,98	105,88	1,94	103,74
11º ATLETA	1,37	73,26	2,19	117,11	1,87	100,00
12º ATLETA	1,33	71,12	1,86	99,47	1,94	103,74
13º ATLETA	1,42	75,94	1,85	98,93	1,97	105,35

Tabla 5.

c) Tiempos de apoyo.

La media de los tiempos de apoyo calculados, en relación a los atletas internacionales, son coincidentes en la recepción de la valla y en el 3º apoyo (algo superiores en los atletas de 15 años); inferiores en un 23% en el contacto del 2º apoyo, y tres veces superiores en el impulso de la valla debido al aumento excesivo de la longitud del último paso y por tanto una excesiva fase negativa del apoyo.

d) Tiempos de vuelo.

La media de tiempos de vuelo del franqueo de las vallas, es de 34-35% superior a los valores de atletas internacionales (38-43% en 15 años y 29-31% en 16 años). En cuanto a los tiempos de vuelo de los pasos, son todos superiores: 1º ligeramente superior, 2º más del doble y 3º un 50% mayor.

e) Franqueo de la valla.

La distancia de ataque en los atletas jóvenes es superior a la de los atletas de alto nivel, cuando su velocidad horizontal es inferior. La distancia de recepción está más proporcionada aunque también ligeramente alta. Tanto esta circunstancia, como la excesiva longitud del último paso de carrera, provocan que la altura máxima del centro de gravedad en el franqueo esté demasiado alejada de la valla. La proporción entre la distancia de ataque y la de recepción es adecuada.

Los atletas estudiados impulsan con el tronco mucho más erguidos que los atletas de élite. Durante el franqueo de la valla, la inclinación máxima del tronco es más parecida en los dos grupos de atletas.

## CONCLUSIONES

1. Distancia entre vallas demasiado larga por:
  - Duración de la unidad de vallas excesiva.
  - Los atletas estudiados, realizan alguno de los pasos de carrera con una longitud superior a la que realizan en la carrera de lisos.
  - Ruptura del ritmo de carrera entre vallas, al ser alto el porcentaje de atletas que realizan como paso más largo el tercero.
  - Elevado tiempo de contacto en la impulsión a la valla como consecuencia de una excesiva distancia entre vallas.
2. Altura de las vallas válida para estas edades por:
  - Proporción adecuada entre la distancia de ataque y la de recepción.
  - Tiempo de contacto en la recepción de la valla adecuada.
  - Inclinación máxima del tronco en el franqueo similar a la de los atletas de alto nivel.

## REFERENCIAS

AUTORES Varios. The hurdling events. *Athletics Coach* nº 4, 1992, pg. 19-36.

BEDINI, Roberto. 110 m.v. *Atleticastudi* nº 6. Fonia 1993, pg 1-60.

CHANON, Raymond. Analyse comparée des caractéristiques des courses de 100 m. haies et 110 m. Haies. *Amicale-des-entraîneurs-français-d'athlétisme* nº 100. 1987, pg. 53-63.

EKVALL, Sygin. Programa de competiciones para juveniles y juniors. *Cuadernos de Atletismo* nº 44. Ed. Gynos. Madrid 1999, pg 33-56.

KNIGHT, Graham. Desarrollo de la técnica y la velocidad en 110 m.v. *Cuadernos de Atletismo* nº 25. Ed. Gynos. Madrid 1989, pg. 9-22.

KOROSTELYOV, Andrey. La dinámica de la mejora de las acciones técnicas en relación con la edad en las pruebas de vallas. *Cuadernos de Atletismo* nº 44. Ed. Gynos. Madrid 1999, pg. 131-136.

McDONALD, Craig; DAPENA, Jesús. Linear kinematics of the men's 110 m. and women's 100 m. hurdles races. *Medicine and science in sport and exercise* nº 23, 1991, pg. 1382-1391.

McFARLENE, Brent. Hurdles: A basic and advanced technical model. *Boletín Técnico IAAF, Area Norte, Centro y caribe* nº3, 1994, pg.11-21.

POOLE, Craig. 100 m. Hurdles. Speed and rhythm. *Track-and-field-quarterly -review* nº 1, 1989.

SCHMOLINSKY. *Leichtathletik*. Ed. Augusto Pila. 1981. Pg. 184-203.