

**Núm. Orden:** 0124

**Título: “Análisis biomecánico del calzado utilizado en la práctica del fútbol sobre campos de tierra”.**

**Autores :** Pérez Soriano, Pedro; Gámez Payá, Javier; Martínez Marhuenda, Antonio; González García, Juan Carlos.

**Procedencia:** Madrid (Instituto Nacional de Educación Física de Madrid).

**Correo:** pperez@ibv.upv.es

**RESUMEN:**

A pesar de que en la actualidad el 80% de la práctica del fútbol en España se desarrolla sobre campos de tierra, son escasos los estudios desarrollados con el objetivo de caracterizar y mejorar el calzado utilizado en estas superficies.

Se presentan en este trabajo los resultados más destacados de un estudio en desarrollo orientado a generar criterio de diseño de calzado para practicar fútbol sobre campos de tierra. En una primera fase del trabajo y a partir de encuestas, entrevistas y paneles de expertos se identificó la problemática ligada a este producto y se obtuvieron ideas y líneas de trabajo para mejorar el calzado. En una segunda fase se seleccionó una muestra de botas del mercado y, utilizando un avanzado sistema de plantillas instrumentadas (Biofoot/IBV), se realizaron ensayos con sujetos que permitieron analizar la evolución y los niveles de presión entre la planta del pie y el calzado durante la actividad para cada uno de los diversos modelos seleccionados de la muestra.

Los resultados han permitido identificar los aspectos de diseño más valorados por los jugadores. Los esguinces de tobillo y rodilla se han identificado como las lesiones más frecuentes sufridas en los campos de tierra y las zonas de las articulaciones metatarsofalángicas y del talón mostrando los más altos niveles de presión durante la actividad.

**PALABRAS CLAVE:** Diseño, Calzado, Epidemiología, Presiones plantares, Fútbol.

**INTRODUCCIÓN.**

La mayoría de los estudios que se han desarrollado para mejorar el calzado de fútbol han orientado su actividad hacia el calzado destinado a la práctica de fútbol sobre campos de hierba natural. Sin embargo y pese a que cerca del 80 % de los jugadores en España practican el fútbol sobre campos de tierra, hasta el momento no se habían realizado estudios orientados a identificar la adecuación del calzado a este tipo de superficies, por lo general algo duras e irregulares. La interfase taco-superficie muestra además un comportamiento distinto al que se produce cuando la superficie es de hierba natural y los materiales de los tacos varían buscando una mayor adaptación al terreno, introduciendo por ejemplo elementos que mejoren sus prestaciones de amortiguación. El calzado orientado a los campos de tierra debe adecuarse a las características de estas superficies, lo cual sitúa los objetivos de este estudio en un claro marco innovador.

Los principales *objetivos* que se plantearon en este estudio fueron:

- Conocer la opinión de los jugadores sobre el calzado de fútbol en campos de tierra.
- Identificar las lesiones más frecuentes sufridas por los jugadores en campos de tierra.

- Generar criterios y establecer soluciones de diseño de calzado de fútbol para jugar en campos de tierra.
- Establecer posibles relaciones entre aspectos de diseño del calzado y confort percibido por el deportista.
- Analizar la evolución y los diferentes niveles de presión generados entre la planta del pie y el calzado durante la actividad deportiva, localizando las zonas que muestran mayor riesgo de lesión.

## **MATERIAL Y MÉTODOS.**

El estudio se estructuró y se llevó a cabo en diversas fases;

### *- FASE 1; Realización de Paneles de expertos.*

Mediante esta metodología se identificaron los principales problemas ligados a este tipo de calzado así como las oportunidades de mejora de prestaciones, funciones y aspectos relevantes de éste desde el punto de vista de los compradores, prescriptores y usuarios del mismo. El resultado de los paneles permitió generar una base de datos sobre las necesidades de los usuarios relativas a la bota, así como identificar los aspectos más importantes del diseño de ésta. Posteriormente se realizaron Reuniones de Expertos en Biomecánica, Diseño de Productos, Medicina y Entrenamiento Deportivo en las que se plantearon los principales conflictos del calzado identificados y se plantearon posibles soluciones.

### *- FASE 2; Encuestas a usuarios a expertos.*

A partir de los resultados obtenidos en la fase previa se diseñó una encuesta dirigida a la identificación de las preferencias de los usuarios, la valoración de los criterios de diseño y funcionalidad del calzado y las lesiones sufridas en la práctica deportiva. Se pretendía valorar y priorizar los aspectos más importantes y necesidades del calzado detectadas en los paneles.

Se realizaron más de 280 encuestas en toda España a jugadores de fútbol de diversas edades y categorías cuyo terreno de práctica habitual era sobre tierra. Los resultados obtenidos en las encuestas fueron tratados estadísticamente mediante el programa SPSS.10 (Statistical Package for the Social Sciences), el cual permitió obtener histogramas y tablas de frecuencias/porcentajes de los diferentes cuestiones incluidas en la encuesta. Se utilizó además para el análisis de los aspectos más valorados en la bota la técnica de análisis de jerarquías de Saaty. Éste análisis de es una técnica de toma de decisiones a partir de la valoración de cada alternativa basándose en unos criterios predefinidos cuya importancia relativa también es establecida a lo largo del proceso. Es una técnica procedente del ámbito de la calidad cuyo objetivo fundamental es evitar la carga de subjetividad inherente a la toma de decisiones estratégicas, minimizando el efecto de los prejuicios personales durante las discusiones en equipo jerarquías (Page, A. y cols.2001.IBV).

### *- FASE 3; Estudio biomecánico de una muestra del mercado.*

Con la información obtenida en las fases anteriores y atendiendo a criterios de diseño y precio se seleccionó una muestra de botas del mercado. Se diseñaron y realizaron ensayos con jugadores de fútbol para analizar:

1. El confort percibido con cada uno de los modelos incluidos en el estudio.
2. El rendimiento en circuito (Figura 1).

3. Las presiones plantares generadas durante la actividad entre el jugador y la bota para cada uno de los modelos analizados.

(Estos estudios han permitido determinar los aspectos o elementos de diseño con mayor influencia sobre el confort y la funcionalidad del calzado)



Figura 1. Estudio de rendimiento en circuito.

Para analizar el confort se utilizó el procedimiento de Shackel (Shackel *et al.*, 1969) y Corlett (Corlett, 1981) basado en tres tipos de pruebas; de confort general, de confort por partes del cuerpo y de juicios subjetivos sobre las características del objeto de estudio. 5 jugadores de categoría regional participaron en el estudio comparativo de 7 modelos de botas seleccionadas.

Un aspecto fundamental y crítico del calzado de fútbol que se utiliza en campos de tierra es el de la amortiguación de impactos, aspecto por otro lado estrechamente relacionado con el confort percibido por el deportista. En este línea y con el objetivo de valorar la adecuación del calzado a los terrenos y su eficacia amortiguadora, se realizó un estudio de presiones plantares con sujetos para cada uno de los modelos incluidos en la muestra, empleándose para ello un equipo de plantillas (BIOFOOT-IBV) que introducidas en el interior del calzado, permiten el registro de las presiones en toda la planta del pie durante la práctica deportiva (Figura 2).

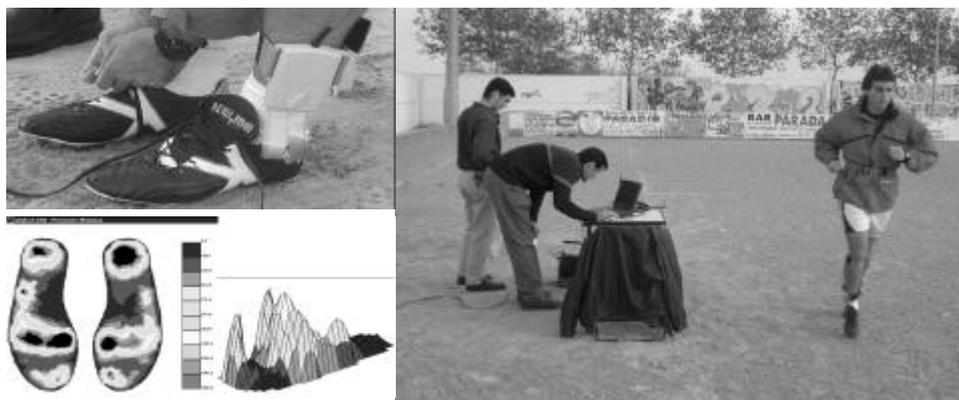
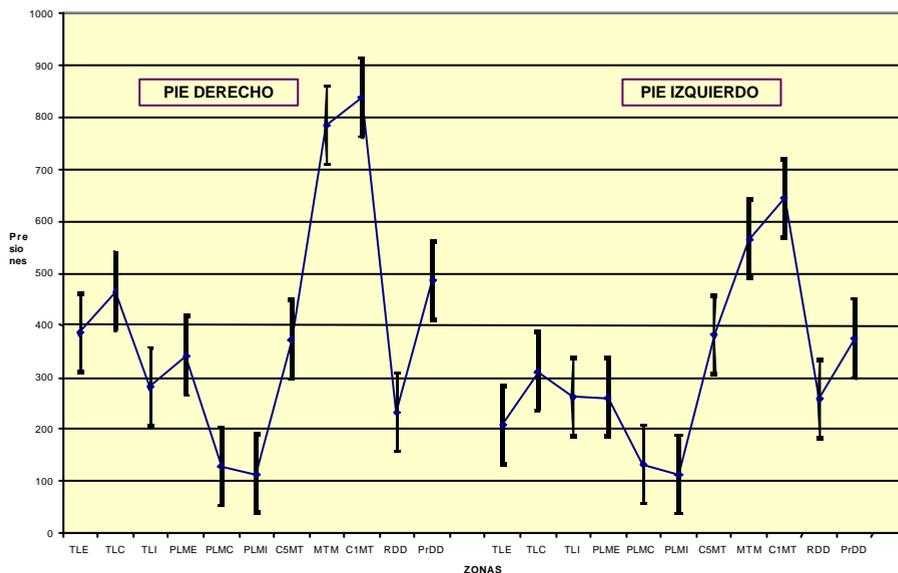


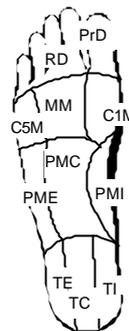
Figura 2. Ensayos de presiones plantares con sujetos.

BIOFOOT/IBV permite el avance automático (animación) o manual a lo largo de la medida, y presenta la información en varios formatos (mapa de isobaras, posición y trayectoria del baricentro, mapa tridimensional, etc...). En el estudio de presiones participaron 3 jugadores registrándose mediciones desde el principio durante 3 segundos y a una frecuencia de 250Hz para cada uno de los modelos de la muestra. Para el análisis de las presiones en el pie, este se distribuyó en 11 zonas (Figura 1.- TLC.- Talón central; TLI.- Talón interno; TE.- Talón Externo PLME.- Planta mediopié externo; PLMC.-Planta mediopié central; PLMI.- Planta mediopié interno; C5MT.- Cabeza del quinto metatarsiano; MTM.- Metatarsianos medios; C1MT.- Cabeza del primer metatarsiano;



RDD.-Resto de dedos; PrDD.- Primer dedo) (Figura.- 3).

Figura 3.- Esquema de la planta del pie distribuido en zonas para el estudio de presiones y resultados.



**RESULTADOS:**

**Fase 1.- Paneles de usuarios y expertos.**

El análisis de la información obtenida en los paneles realizados permitió identificar las características más importantes a tener en cuenta a la hora de diseñar calzado de tierra. Las principales características identificadas en estos paneles se agruparon en diferentes aspectos:

<b>Funcionalidad del calzado</b>	Bajo peso
	Aumento de la flexión
	Agarre independiente del estado del terreno
	Comodidad
	Buena amortiguación
<b>Rendimiento</b>	Buena precisión en el golpeo
	Buena percepción del balón
	Adaptación a la posición de juego
<b>Usabilidad</b>	Información al usuario
	Mantenimiento de la bota
	Adaptabilidad del taco a diferentes terrenos
	Modificación del taco por el usuario

<b>Estabilidad</b>	Buen contacto en el apoyo
<b>Evitar problemas de salud relacionados con el calzado</b>	Que el taco no perfora la planta
	Reducir la fatiga
	Evitar molestias del taco
	Buena distribución de los tacos para evitar sobrepresiones

<b>Calidad</b>	Reducir el desgaste de los tacos
	Reducir desgaste de la suela
	Lengüeta resistente
	Evitar deformación de la bota

<b>Percepción</b>	Taco no muy largo
	Taco no muy rígido
	Taco no muy estrecho ni ancho
	Tacos troncocónicos
	Buena distribución de los tacos
	Mantenimiento de la imagen de bota de fútbol
	Sensación de robustez

## Fase 2.- Encuestas a usuarios a expertos.

### a) *Perfiles de usuario y orientaciones en la compra.*

- Edad media; 19,3 años.
- Peso medio, 69,5 Kg

En relación a la *categoría* de los deportistas encuestados, el 53.6% pertenecen a la categoría regional, el 15.4 % nacional, el 14.3% aficionado y el 11,9 % a la categoría de autonómico. La *posición en el campo* está representada por; 35,2% medios, 32.1% delanteros, 7,2% defensas y un 4,8% de jugadores con posición variable o no definida.

El 85.4% opinó que para cada *campo de juego* diferente deberían de utilizarse modelos de botas diferentes y adecuadas al terreno. Así mismo el 80% opinan que el terreno es un aspecto fundamental a tener en cuenta a la hora de seleccionar el tipo de bota, el 15.1% le da algo de importancia y 4,9% ningún tipo de importancia.

El 90.9% de los encuestados no posee ningún tipo de *relación comercial* con marcas del mercado y como *criterio de compra*, un 78.5% de los encuestados se basa en su experiencia personal, un 17.4% en el consejo de los expertos y un 4.1% en la publicidad y la moda.

La comodidad y la adaptación al pie son al parecer los principales aspectos que inclinan la compra de un determinado modelo de bota.

### b) *Valoración de los criterios de diseño y funcionalidad.*

En cuanto a la *valoración por tipos de terreno*, la tierra dura pero suelta por arriba (48.7%) y la tierra dura compacta (33.44%) son los terrenos que más aceptación tienen. Los menos aceptados fueron la tierra blanda, suelta y ligera (12.06%) y la tierra blanda, suelta y pesada (5.83%).

De los siete aspectos definidos a través de los paneles como importantes en el diseño de un calzado para campos de tierra, destacan por orden de importancia; 1.-Confort, 2.- Precisión en el golpeo, 3.- Agarre, 4.- Sensibilidad, 5.- Adaptabilidad, 6.-Estabilidad, 7.- Amortiguación.

c) *Epidemiología.*

Los resultados obtenidos muestran que las lesiones más habituales sufridas por los jugadores en campos de tierra son;

- Esguince de tobillo; 25.06%.
- Desgarro en el muslo anterior; 7.05%
- Tirón muscular en muslo posterior y esguince de rodilla; 4.7%.
- Lesión en tendones de rodilla; 3.9%.

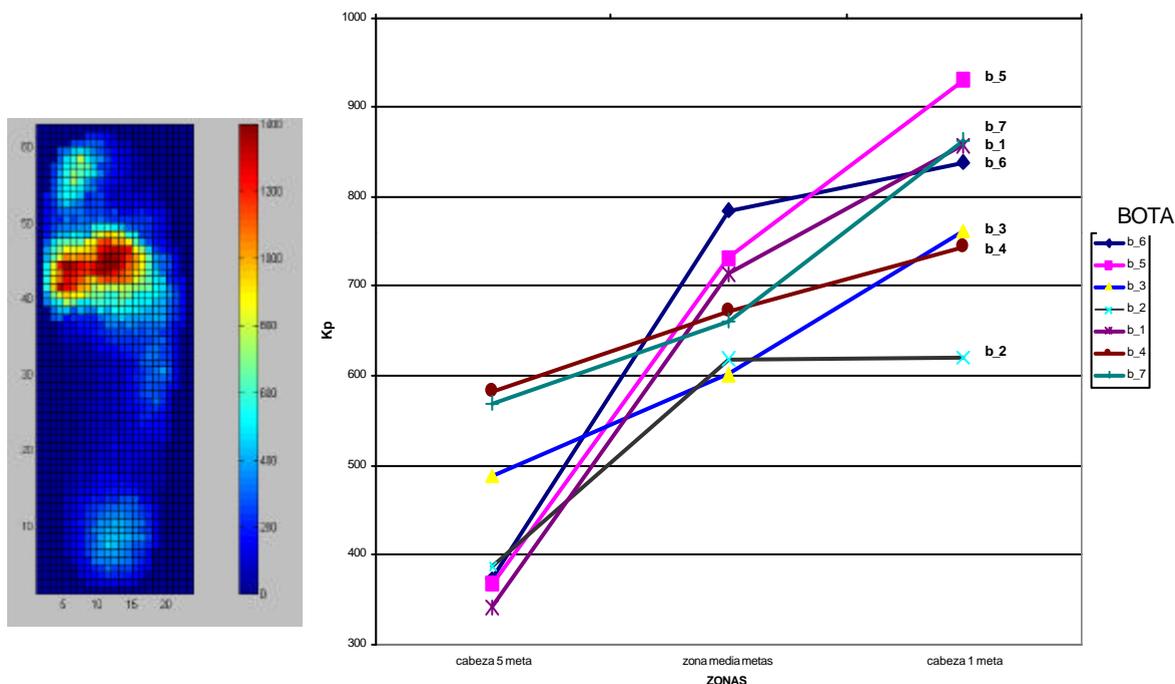
**Fase 3.- Estudio biomecánico de una muestra del mercado.**

a) *Estudio del confort asociado a la bota.*

La medición del confort en los diferentes modelos de botas analizados muestra como existen diferencias significativas entre las botas de la muestra, siendo las botas 1 y 7 las más valoradas en confort. El análisis permitió hallar aquellos aspectos más relevantes en la valoración general de la bota, existiendo una correlación significativa con; comportamiento de la zapatilla en el juego, molestias en los dedos, diseño de los tacos, torsión y flexibilidad. Se pueden observar además diferencias significativas entre botas, siendo las botas 2 y 7 las más valoradas.

b) *Presiones plantares.*

Se identificaron los diferentes niveles de presión generados en el pie al utilizar las diferentes muestras de botas, siendo las zonas de mayor presión en la planta del pie y en todas las botas analizadas; la Cabeza 1ª Metatarsiano, la zona de los Metatarsianos medios



y la Cabeza 5° Metatarsiano (figura. -4).

Figura 4.- Presiones plantares medias para cada uno de los modelos de bota utilizados.

### CONCLUSIONES Y DISCUSIONES.

Los resultados del estudio han permitido conocer los aspectos relacionados con la percepción del calzado de fútbol utilizado en campos de tierra más valorados por los jugadores, destacando por orden de importancia el confort, la precisión en el golpeo y el agarre del calzado al terreno. Se ha identificado los aspectos que tiene en cuenta el jugador para la selección del calzado así como las características de éste que más se relacionan con dichos aspectos. Se ha identificado además cuales son las preferencias en cuanto a las características del terreno de juego siendo los campos de tierra dura (compacta y/o suelta por arriba) los más valorados.

El estudio ha permitido identificar preferencias en cuanto a las dimensiones y diseño de los tacos.

Se ha observado una clara predominancia en la lesión clasificada como esguince de tobillo en la mayoría de los futbolistas, lesión que junto con las lesiones de rodilla puede estar estrechamente relacionada con la posición y geometría de los tacos en la bota.

El análisis de los diferentes modelos de botas permitió identificar las zonas del pie que más altos niveles de presión sufren durante la actividad así como conocer los aspectos de diseño que mayor relación tienen tanto en el confort percibido como en la valoración general de la bota (comportamiento de la bota en el juego, molestias en los dedos, diseño de los tacos, torsión y flexibilidad).

Los resultados obtenidos en el presente estudio han permitido generar nuevos criterios que orientan el diseño de nuevos elementos en el calzado de fútbol para jugar en campos de tierra, considerándose no solo aspectos de diseño, sino también funcionales y de epidemiología.

### BIBLIOGRAFÍA.

Andreasson, G.; Lindenberg, U.; Rendstrom, P.; Peterson, L. Torque developed at simulated sliding between sport shoes and an artificial turf. *American Journal of Sports Medicine*, Vol. 14, N. 3. 1986.

Brizuela, G.; Ferrandis, R.; Ferrus, E.; González, J.C. Mejora de las prestaciones de las botas de fútbol. *Biomecánica. Cuadernos de información*. IBV. 1998.

Brizuela, G.; Ferrandis, R.; Alcantara, E.; Martínez, A.; Forner, A. Biomechanical design of football boots: effect of studs on performance and injury prevention. *ISBS'98 XVI International Symposium on Biomechanics in Sports. Proceedings II*. 1998.

Brizuela, G.; Fos, V.; Polo, I.; Llana, S. Estudio del agarre al terreno de diferentes tipos de botas de fútbol. *Selección*, 5 (4): 207-211. 1996.

Ferrandis, R. Criterios biomecánicos de diseño del calzado deportivo. Aportación al estudio cinético y cinemático del calzado para carrera urbana. *Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia*. 1997.

Ferrandis, R.; Forner, A.; Brizuela, G.; Alcantara, E.; Llana, S. Influence of the football boot design on shock absorption. *XIV Symposium on Biomechanics in Sports: Proceedings*. 1996.

García, J.V.; Durá, J.V.; Ramiro, J.; Hoyos, J.V.; Vera, P. Dynamic Study of insole materials simulating real loads. *Foot & Ankle*. vol 15 n° 6. 1994.

Lambson, R.B.; Barnhill, B.S.; Higgins, R.W. Football cleat design and its effect on anterior cruciate ligament injuries. *Am. J. Sports Med.* 24, 2: 155-159. 1996.

Lelièvre, J.; Lelièvre, J.F. Patología del pie. 4ª edición. Versión española. *Masson, s.a.* 1992.

- Masson, M.; Hess, H. Typical soccer injuries. Their effects on the design of the athletic shoe. In B. Segesser & W. Pfürringer (Eds.) *The shoe in sport* (pp. 89-95). London: Wolfe Publishing, Ltd. 1989.
- Miller, J.E; Nigg, B.M; Wen Liu, Ph.D; Stafanyshyn D.J and Nurse, M.A. Influence of Foot, Leg and Shoe Characteristics on Subjective Comfort. *Foot & Ankle International*. 2000.
- Rodano, R.; Cova, P. Vigano, R. Designing of a football boot: A theoretical and experimental approach. In T. Reilly, A. Lees, K. Davids & W.J. Murphy (Eds.) *Science and Football I* (pp. 416-425). London: E & F.N. Spon. 1988.
- Saggini, R; Calligaris, A.; Montanari, G; Tjouroudis, N.; Vecchiet, L. The foot-ground reaction in the soccer player. *Science and football II: proceedings*. 341-344. 1993.
- Shackel, B.; Chidsey, K.D.; Shipley, P. (1969). The assessment of chair comfort. *Ergonomics* 12(29);269-306.
- Shorten M. Et Al.( 1999). 4<sup>th</sup> Symposium on Footwear Biomechanics (Canmore, Canada 5-7 August) 84-85.
- Torg, J.S.; Quedenfeld, T. Effect of shoe type and cleat length on incidence and severity of knee injuries among high school football players. *Research Quarterly*42: 203-211. 1971.
- Valiant, G. A. (1990) Traction characteristics of outsoles for use on artificial playing fields: Characteristics and safety features. ASTM STP 1073, R. P. Smith, E. F.