

El fútbol es considerado como el deporte rey en el mundo, tanto por el número de aficionados como de practicantes. A lo largo de la historia las superficies de juego han ido variando, siendo en la actualidad la hierba artificial la alternativa a los campos de césped natural en zonas con meteorología adversa o en instalaciones indoor. Desde su implantación, este tipo de superficies han ido evolucionando hasta la llamada 3ª generación. Por otro lado, el desarrollo de calzado específico para la práctica de fútbol sobre césped artificial no ha ido a la par con el desarrollo de dichas superficies. Esto afecta a una serie de aspectos de la interacción entre los usuarios y la superficie como el confort térmico, la absorción de impactos o la tracción, lo que se traduce en un bajo rendimiento deportivo y en la aparición de problemas como una mayor incidencia de lesiones de miembro inferior. A partir de esta situación, la empresa KELME ha desarrollado con el asesoramiento del Instituto de Biomecánica (IBV) un calzado específico para césped artificial de 3ª generación que, a través de un diseño innovador de tacos y la selección de los materiales más novedosos, optimiza el rendimiento y el confort de los deportistas, reduciendo los riesgos de lesión. En el trabajo desarrollado en este proyecto se ha contado con la perspectiva de los usuarios, así como expertos en fisiología, biomecánica y medicina deportiva, de manera que todos los frentes científicos fueran cubiertos para asegurar el éxito del producto.

Diseño innovador de botas de fútbol para hierba artificial

José Olaso Melis, Aitor Unanue García, José Navarro García, Javier Gámez Payá, Roberto Ferrandis Ferrer, Enric Medina Ripoll, Antonio Hernández Alonso, Juan Carlos Gonzalez García

INSTITUTO DE BIOMECÁNICA DE VALENCIA

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el **fútbol** es considerado como el deporte rey en el mundo, tanto por el número de aficionados como de practicantes (265 millones de licencias de jugadores de fútbol, FIFA 2007), así como por el volumen de negocio generado alrededor de esta actividad. A lo largo de la historia las superficies de juego han ido variando, aunque la hierba natural ha sido considerada como la superficie de referencia. Una de estas superficies es la **hierba artificial**, desarrollada a principios de los años 60 como alternativa a los campos de césped natural en zonas con meteorología adversa o en instalaciones *indoor*. En un principio las primeras superficies de hierba artificial, primera generación, se comportaban de forma diferente a la superficie de referencia. Sin embargo, durante los últimos años, los avances realizados por la industria del deporte han permitido desarrollar superficies de juego de hierba artificial con un comportamiento similar al de la hierba natural,

>

Development of a soccer boot for artificial turf

Soccer is considered the most popular sport in the world, both by the number of amateur and practitioners. Throughout history, the playing surfaces have changed being artificial turf the current alternative to natural grass fields in areas with bad weather or indoor facilities. Since its introduction, these surfaces have evolved into the so-called 3rd generation. On the other hand, developing specific footwear for soccer practice on artificial turf has not kept pace with the development of such surfaces. This affects a number of aspects of the user-surface interaction such as thermal comfort, shock absorption and traction, resulting in a low sports performance and the emergence of problems such as increased incidence of lower limb injuries. From this situation, the company Kelme considered interesting to develop a specific shoe for artificial turf 3rd generation that optimizes performance and comfort of the athletes, reducing the possibility of injury. The work developed in this project has benefited from the perspective of users, and expert physiologists, biomechanical and medical, so that all scientific fronts were covered to ensure the success of the product.

> denominado como césped artificial de tercera generación. A raíz de esta evolución, el número de instalaciones deportivas de estas características se ha incrementado considerablemente, y la previsión de construcción de nuevas instalaciones durante los próximos años parece indicar que el número de campos de fútbol de césped artificial seguirá creciendo a un ritmo similar.

Por otro lado, el desarrollo de **calzado específico para la práctica de fútbol sobre césped artificial** no ha ido a la par con el desarrollo de dichas superficies. Así, no existe en el mercado calzado específico para la práctica de fútbol sobre hierba artificial de 3ª generación (que es el tipo mayoritario en los campos artificiales actuales), lo que conlleva que el calzado utilizado varíe entre todas las tipologías de botas de tacos existentes para hierba natural (tacos cilíndricos/*blades*, 12/13/27 tacos, distintas distribuciones, etc.) hasta las zapatillas *turf* desarrolladas para césped artificial de 1ª generación, con unas propiedades completamente distintas de las del césped de 3ª generación. Esto afecta principalmente al confort térmico, a la absorción de impactos y a la tracción, lo que se traduce en distintos problemas como son, por un lado, la reducción del rendimiento deportivo de los deportistas y, por otro, la aparición de llagas y rozaduras, así como una mayor incidencia de lesiones de miembro inferior, como esguinces y torceduras.

A partir de esta situación, la empresa KELME consideró interesante desarrollar un calzado específico para la práctica de fútbol sobre superficie de hierba artificial, siendo éste el objetivo principal del proyecto. Dicho calzado debía aunar un mayor rendimiento deportivo con una mejora del confort global y una disminución del riesgo de lesión derivado de la práctica deportiva.

DESARROLLO

El desarrollo de una bota específica para césped artificial se abordó con el objetivo de mejorar el **rendimiento deportivo**, la **prevención de lesiones** y el **confort de los usuarios**. Con dichos objetivos, se plantearon una serie de metodologías capaces de aportar información biomecánica, fisiológica y sensorial de la interacción usuario-terreno, considerando el calzado como un interface entre ambos (Figura 1).



Figura 1. Planteamiento metodológico del proyecto.

Para ello, durante el desarrollo del proyecto se aplicaron las siguientes técnicas metodológicas:

- **Grupos de discusión de usuarios y expertos**, para captar la percepción de los propios usuarios sobre su rendimiento deportivo y confort, así como el conocimiento de expertos sobre la lesividad asociada al calzado y a la superficie de juego.
- **Experimentación biomecánica con usuarios**, para obtener información objetiva y cuantitativa sobre la interacción usuario – terreno de juego, y cómo el calzado actúa sobre la transmisión de fuerzas entre ambos.
- **Análisis de la percepción de los usuarios** sobre aspectos específicos del terreno de juego.

En la fase inicial del proyecto se realizaron **grupos de discusión con usuarios y expertos** para identificar las necesidades específicas de los jugadores de fútbol sobre hierba artificial. Esta fase permitió definir el nivel de cumplimiento demandado por los usuarios y expertos de las diferentes propiedades funcionales (la tracción, la durabilidad, la amortiguación...), tanto para satisfacer la **práctica del fútbol** de manera general (entendido como las características básicas que ha de presentar un calzado para optimizar el rendimiento y confort de un jugador de fútbol), como para satisfacer la práctica del **fútbol sobre césped artificial** de manera particular (entendido como las características básicas que ha de presentar un calzado para optimizar el rendimiento y confort sobre césped artificial).

Además, los grupos de discusión permitieron identificar los tipos de calzado deportivo utilizados actualmente para la práctica deportiva sobre esta superficie, y extraer la opinión de usuarios de cada una de las tipologías.

Tras el desarrollo de los paneles se desarrolló la **experimentación biomecánica con usuarios**. En ella se analizaron diferentes aspectos de la influencia del calzado en el rendimiento deportivo. Los ensayos biomecánicos se realizaron en un campo de fútbol de césped artificial de 3ª generación. La muestra de usuarios estaba compuesta por futbolistas semi-profesionales, con edades comprendidas entre 20-25 años, con una frecuencia de práctica superior a 3 veces por semana. La muestra de calzado analizada fue de 6 modelos, seleccionados en función de la información obtenida durante la fase inicial del proyecto (Figura 2). Cada uno de los modelos analizados se caracteriza por una configuración de la suela diferente en función de la morfología de los tacos, su número y tamaño, y la disposición de los mismos.

El protocolo de la experimentación consistió en la realización de dos pruebas diferentes. En la primera, se analizó el rendimiento deportivo a partir de los tiempos de ejecución de un circuito. Dicho circuito contemplaba la realización de distintos gestos deportivos relevantes en la práctica del fútbol, consistiendo en un desplazamiento a la máxima intensidad con cambios de dirección sobre un circuito marcado con conos (Figura 3). Los tiempos de ejecución se registraron mediante fotocélulas. En la segunda prueba se analizó la distribución de presiones plantares durante la ejecución de una carrera suave. A una velocidad de ejecución controlada ($3\text{m/s} \pm 15\%$) se registraron las presiones en la planta del pie mediante el sistema Biofoot®, desarrollado por el Instituto de Biomecánica (Figura 4).



Figura 2. Muestra de modelos de calzado analizados.

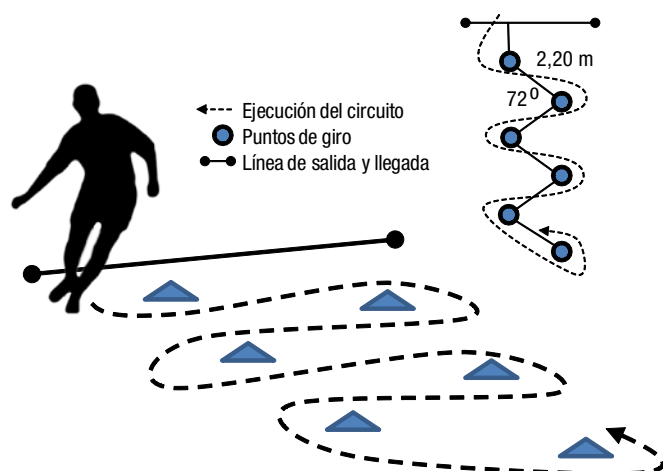


Figura 3. Representación gráfica del circuito de slalom (Sterzing, 2009).

Cada sujeto realizó tres repeticiones de cada una de las pruebas con cada modelo de calzado.

Por último, inmediatamente después de los ciclos de repeticiones con cada una de las botas, los sujetos contestaron un **cuestionario de percepción subjetiva** diseñado específicamente para captar su opinión acerca de distintos aspectos de las botas que acababan de probar. Entre dichos aspectos destacan la percepción y preferencias de ajuste de la bota. Para su análisis se diseñó un cuestionario en el que, mediante una escala Lickert, se evaluaba el nivel de ajuste proporcionado por cada una de las botas en las diferentes secciones del pie (Figura 5). Dichas evaluaciones se compararon con una evaluación dimensional de la horma.

RESULTADOS

Los resultados del proyecto abarcan tanto conocimiento específico generado para el desarrollo del calzado, como

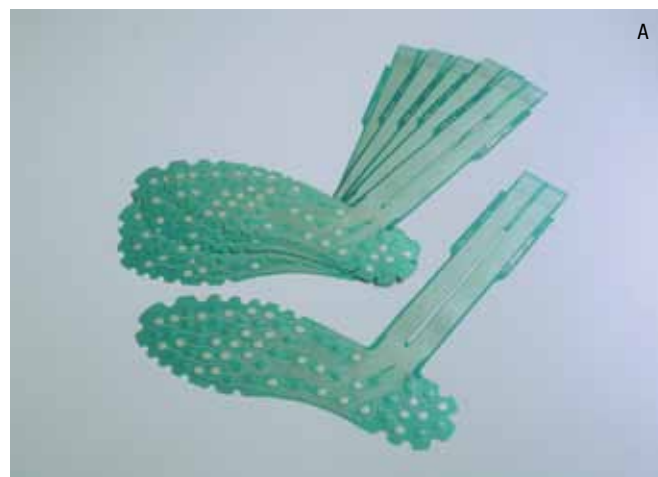


Figura 4. (A) Plantillas instrumentadas; (B) Detalle de la colocación de la plantilla en el calzado; (C) Detalle de la fijación del equipo de medida al tobillo.

prototipos funcionales de los nuevos modelos de calzado diseñados a partir de dicho conocimiento.

Respecto al conocimiento generado, los parámetros analizados durante la experimentación fueron:

-- Análisis de **tiempos de ejecución** del circuito.

v

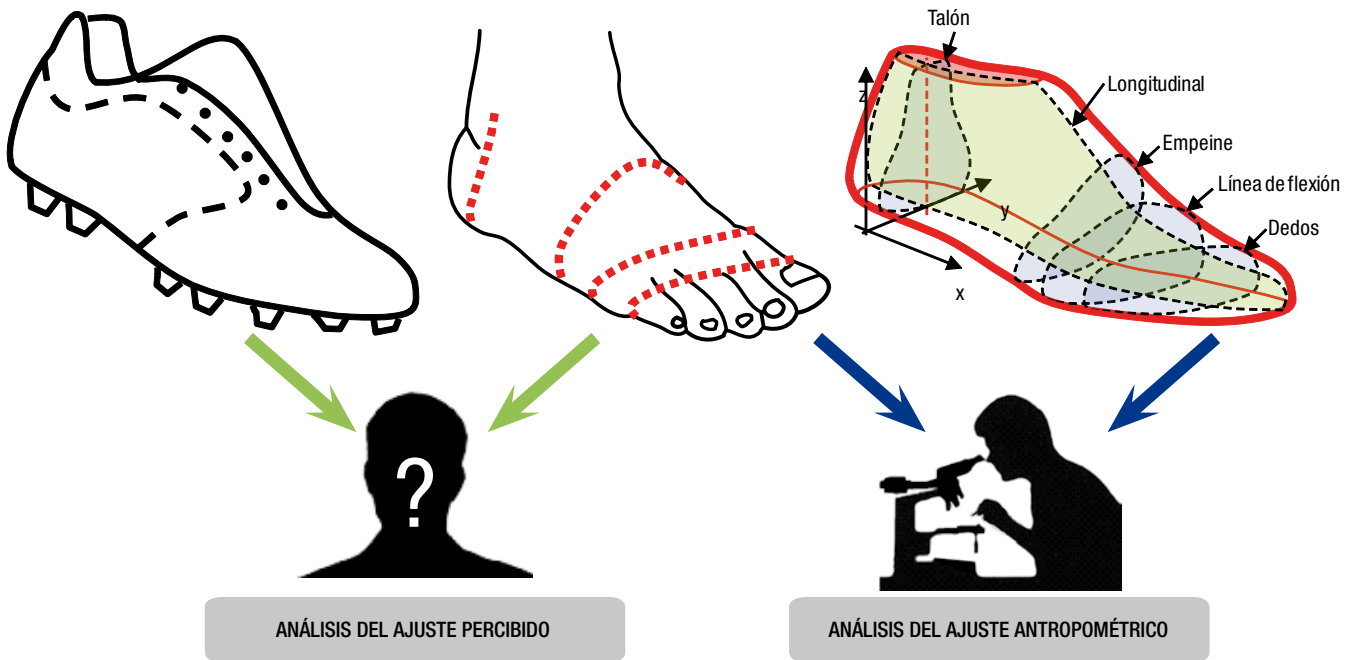


Figura 5. Representación gráfica de la metodología de análisis del ajuste de las botas de fútbol.

- Análisis de la **distribución de presiones** en la planta del pie.
- Análisis de la **percepción** subjetiva del **ajuste** y **confort** general.

El análisis de los tiempos del circuito permitió estudiar la influencia del tipo de bota en el rendimiento deportivo. La hipótesis de partida fue que los tiempos de ejecución están condicionados por la capacidad de tracción de la bota con el terreno, tanto longitudinal (en línea recta) como rotacional (giros y cambios de dirección), que además dependen fundamentalmente de la morfología de los tacos, del número de tacos y de su disposición (Sterzing *et al.*, 2009).

Los resultados obtenidos en el estudio son coherentes con la bibliografía (Sterzing *et al.*, 2009, Nunome *et al.*, 2009) y permitieron identificar la forma y disposición óptima de los tacos de la bota. En lo que se refiere a la disposición de los tacos, cabe destacar que los tiempos de ejecución más bajos se consiguen con el prototipo IV, que presenta tacos blades así como una distribución anatómica-funcional de los mismos (Figura 6).

El análisis de la **distribución de presiones** en la planta del pie permitió analizar el efecto de la distribución de tacos. La hipótesis de partida era que la distribución de presiones plantares está directamente relacionada con los puntos de aplicación de la fuerza en la planta del pie sobre el suelo. Esta aplicación de fuerza estará condicionada por los puntos de contacto del calzado con la superficie, por lo que la configuración de la suela (morfología, número y disposición de los tacos) puede afectar a la distribución de presiones. Para la mejora del confort general, *a priori*, una reducción de los valores absolutos de presión puede ser interesante, aunque también hay que tener en cuenta las zonas de la planta del pie en las que se producen, ya que deben coincidir con los

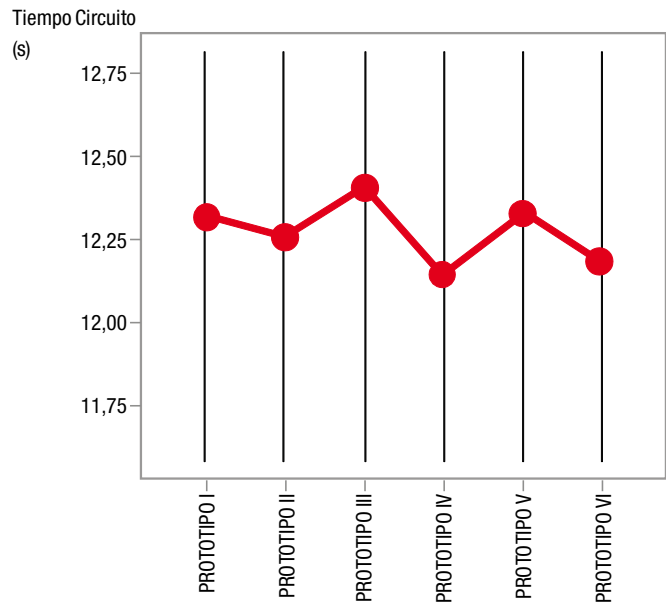


Figura 6. Tiempos de ejecución del circuito.

puntos óseos del pie en los que se realiza la aplicación óptima teórica de la fuerza durante el ciclo de la carrera. Además, esta correspondencia se puede traducir en una mejora del rendimiento deportivo.

En lo que se refiere a la disposición de los tacos, los resultados muestran cómo el modelo de calzado que presenta una distribución de presiones coincidente con las regiones óseas de la planta del pie, que permiten una aplicación óptima de fuerza es el prototipo IV que, como ya hemos comentado,

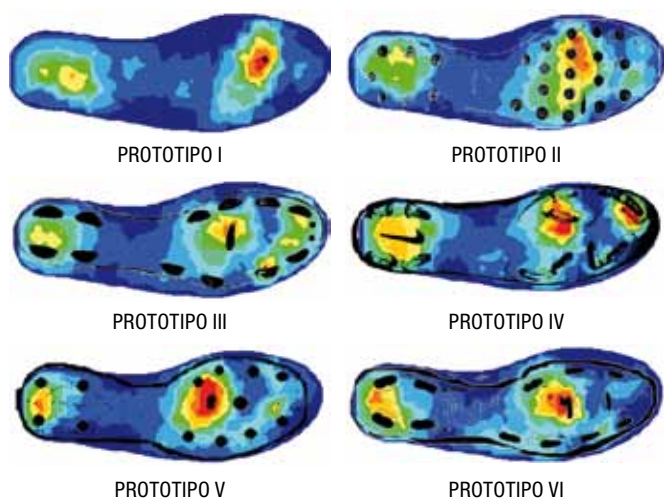


Figura 7. Distribución de presiones para las distintas botas analizadas.

presenta tacos *blades* así como una distribución anatómica-funcional de los mismos (Figura 7).

Finalmente, se llevó a cabo el análisis de la **percepción** subjetiva del **ajuste** y del **comfort** general. El confort general del calzado es el resultado de la interacción de las capacidades funcionales del mismo. Para evaluarlo, la base fundamental es la percepción subjetiva de los usuarios de su interacción con el calzado, y uno de los aspectos del calzado con un mayor peso específico dentro de esta evaluación es el ajuste.

Los resultados muestran que los modelos en los que la percepción subjetiva del ajuste se corresponde mejor con las preferencias de ajuste de los usuarios son los prototipos III, IV y VI (Figura 8).

La información obtenida mediante el análisis de estos resultados permitió el desarrollo de prototipos funcionales de la suela (Figura 9), así como de criterios de diseño para el resto de componentes (horma, plantilla y corte principalmente).

Con ellos la empresa desarrolló prototipos completos de las nuevas botas de fútbol que fueron evaluados y testados, siguiendo las mismas metodologías de ensayo con usuarios en un entorno real (campo de césped artificial).

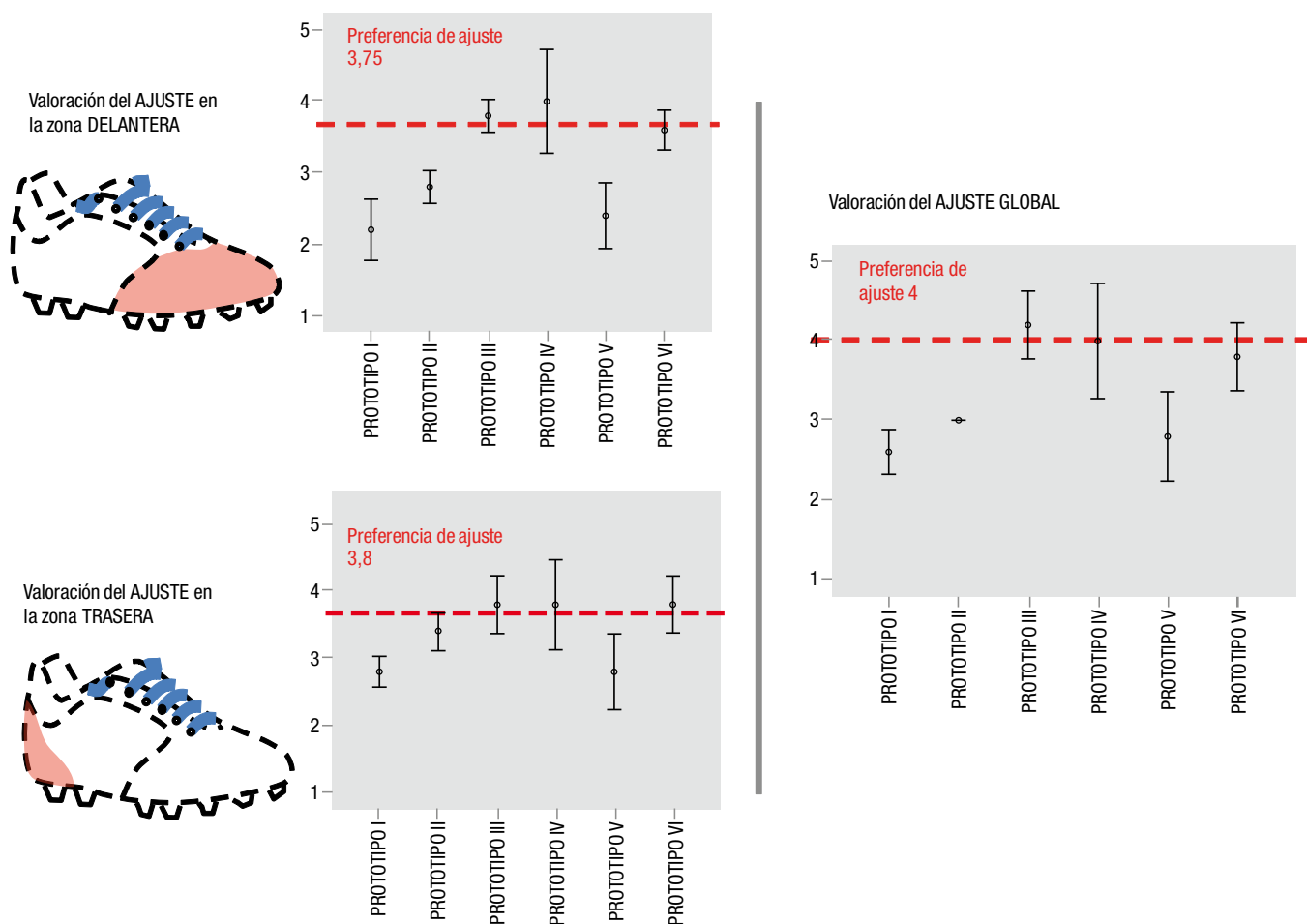


Figura 8. Percepción del ajuste (1 = Muy Suelto; 3 = Neutro; 5 = Muy Prieto).

CONCLUSIONES

Como conclusión global, el proyecto ha permitido establecer una nueva línea de conocimiento con sus metodologías asociadas para analizar la interacción entre el calzado y los jugadores de fútbol. Específicamente, este proyecto, desarrollado en colaboración entre el IBV y la KELME, ha generado los siguientes resultados:

- El desarrollo de una **bota para césped artificial** capaz de satisfacer las necesidades de los usuarios en la práctica de este deporte sobre esta superficie específica. Entre otros, las mejoras incluyen:
 - Forma y distribución anatómica de tacos para optimizar la tracción en terrenos de césped artificial.
 - Refuerzos en el corte para soportar la abrasión de las fibras sintéticas del césped artificial.
 - Protección térmica (aislante por conducción y radiación) frente a la fuente de calor que representa el césped artificial.
- La obtención de **criterios de diseño** para la definición de botas de fútbol capaces de optimizar el rendimiento deportivo de los jugadores sobre césped artificial, asegurando su confort y previniendo lesiones.
- El desarrollo de **metodologías de evaluación** de botas de fútbol para cuantificar su capacidad de satisfacer los distintos aspectos funcionales. ●

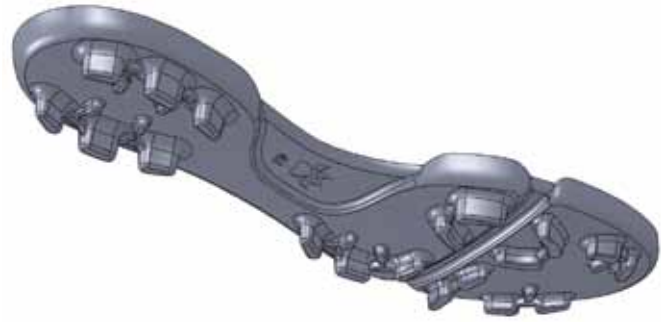


Figura 9. Prototipo 3D de la suela con disposición y forma específica para tacos.

AGRADECIMIENTOS

Vicerrectorado de Deportes de la Universidad Politécnica de Valencia.
 Proyecto cofinanciado por los Fondos FEDER, dentro del Programa Operativo FEDER de la Comunitat Valenciana 2007-2013. Plan de de Competitividad de la Empresa Valenciana, convocatoria 2009. Referencia del proyecto: IMPCDB/2009/7.



UNIÓN EUROPEA
 Fondo Europeo de
 Desarrollo Regional

Una manera de hacer Europa