

## APROXIMACIÓN BIOMECÁNICA AL DISEÑO DE CALZADO PARA ADULTOS

*Ester Sanchis Requena*  
Instituto de Biomecánica de Valencia

**CON LA FINALIDAD DE DESARROLLAR UNA GAMA DE CALZADO CON ÓPTIMAS CARACTERÍSTICAS** de ajuste y funcionalidad para las personas adultas, el Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV) y las marcas españolas ROMU'S y LORENS, junto con el Instituto de Tecnología Industrial holandés (TNO) y las empresas holandesas, DUREA y AVANG, han finalizado el proyecto europeo de investigación Fit4Feet financiado por la Comisión Europea. Este proyecto ha permitido a las empresas desarrollar nuevas líneas de calzado cómodo para señora y caballero de más de 40 años.



### **Biomechanical approach to the design of footwear for adults**

With the purpose of developing a new range of footwear with optimum fit and functionality characteristics for adult people, Institute of Biomechanics of Valencia (IBV) and the Spanish brands ROMU'S and LORENS, together with TNO Institute of Industrial Technology and the Dutch companies, DUREA and AVANG, have finished the European research project Fit4FeeT founded by the European Commission. This project has allowed the companies to develop new collections of comfortable footwear for women and men over forty years old.

### **INTRODUCCIÓN**

A partir de cierta edad, tanto hombres como mujeres necesitan un calzado que se adapte a sus características y les permita mantener un nivel adecuado de actividad física, paliando los problemas que puedan aparecer en sus pies. Se ha confirmado que múltiples actividades de la vida diaria se ven limitadas por el dolor o molestias en los pies, figurando entre las más frecuentes: caminar largas y cortas distancias, ir de compras, bailar o pasear por el campo. A estas limitaciones hay que añadir que las causas más frecuentes de caídas se atribuyen a resbalones sobre suelos mojados o resbaladizos, tropiezos, malos pasos y torceduras de tobillo, problemas que pueden ser evitados en gran medida con un calzado adaptado a las necesidades de la población mediante estudios biomecánicos.

Para resolver estos problemas se puso en marcha un proyecto, cuyo objetivo ha sido la generación de criterios de diseño y el desarrollo de una nueva gama de calzado técnico para personas mayores de 40 años; ya que los expertos y los

consumidores han confirmado que muchos de los problemas en los pies comienzan alrededor de esa edad y se ven agravados por el uso de calzado inadecuado.

De este modo, bajo la denominación de Fit4Feet y con la coordinación técnica del Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV), se ha llevado a cabo un innovador proyecto europeo destinado a desarrollar zapatos con óptimas características de ajuste y propiedades funcionales para este grupo de población.

El trabajo llevado a cabo está basado en los últimos avances tecnológicos y metodológicos y en los mismos participa junto al IBV la marca alicantina Romu's y la empresa Lorens, ubicada en Almansa. En el proyecto también se integran dos empresas holandesas, Durea y Avang y el Instituto de Tecnología Industrial (TNO) holandés.

El coste total del proyecto ha ascendido a cerca de 950.000 euros (158 millones de pesetas), de los cuales la Comisión

>

> Europea ha aportado el 50%, consciente de la importancia de la obtención de criterios de diseño de calzado para preservar la salud de la población europea adulta y de la necesidad de promover vías para la innovación que permita a las empresas europeas la innovación y diferenciación de sus productos.

## DESARROLLO DEL PROYECTO

El proyecto se ha desarrollado en tres fases. Una primera de evaluación de las necesidades y preferencias del público objetivo, una segunda centrada en el estudio sobre la interacción usuario-producto y la tercera que supone el análisis de los datos recogidos previamente mediante la metodología QFD para el desarrollo de productos.

### FASE 1. Evaluación de las necesidades y preferencias de los consumidores europeos

En el desarrollo de la primera fase se ha realizado la recogida de información y el análisis de las necesidades y preferencias de los consumidores europeos, mediante entrevistas personales, paneles de usuarios y un estudio de campo en el que se han completado más de 500 cuestionarios en España, Países Bajos, Alemania e Inglaterra. De acuerdo a los resultados del estudio realizado un alto porcentaje de población con edades entre 40 y 70 años presenta algún problema en los pies. Estos porcentajes oscilan entre un 91% para España, Inglaterra o Alemania y un 96% para Países Bajos. En resumen, dentro de la población europea 9 de cada 10 personas manifiestan padecer molestias y problemas en los pies, ya sean vinculados a patologías o problemas de confort. Entre los problemas más frecuentes dentro de la población española se encuentran: durezas y callos, problemas de sudor, dolor en pantorrillas tras estar de pie, pies dolorosos y cansados por la noche, sensación de quemazón en la planta del pie, juanetes, etc., como reflejan las figuras 1 y 2, registrándose, en la mayoría de los casos con mayor incidencia en las mujeres. Es por ello que muchas personas alegan tener dificultades a la hora de encontrar un calzado que cubra sus necesidades, afirmación que llega a alcanzar un porcentaje de más del 50% en el caso de las mujeres.

### FASE 2. Análisis biomecánico del calzado para adultos. Interacción usuario-calzado

El confort en el calzado viene determinado entre otros factores por el ajuste a la forma del pie y a sus dimensiones. Este ajuste es el resultado de la horma del calzado, el material de corte y el sistema de fabricación utilizado. En este sentido, el diseño y evaluación de la horma (Figura 3) tiene que partir de un perfecto conocimiento de la forma y dimensión del pie.

Con el fin de garantizar un correcto ajuste se ha realizado la **caracterización antropométrica del pie de las personas adultas** a partir de la generación y posterior análisis de una base de datos que recoge la morfología y dimensiones más importantes del pie de la población europea en este rango de edad (Figura 4). El objetivo de esta base de datos es la definición de los parámetros que determinan un ajuste adecuado del calzado para un sector de la población en concreto, definido por unas características morfológicas específicas (Tabla 1).

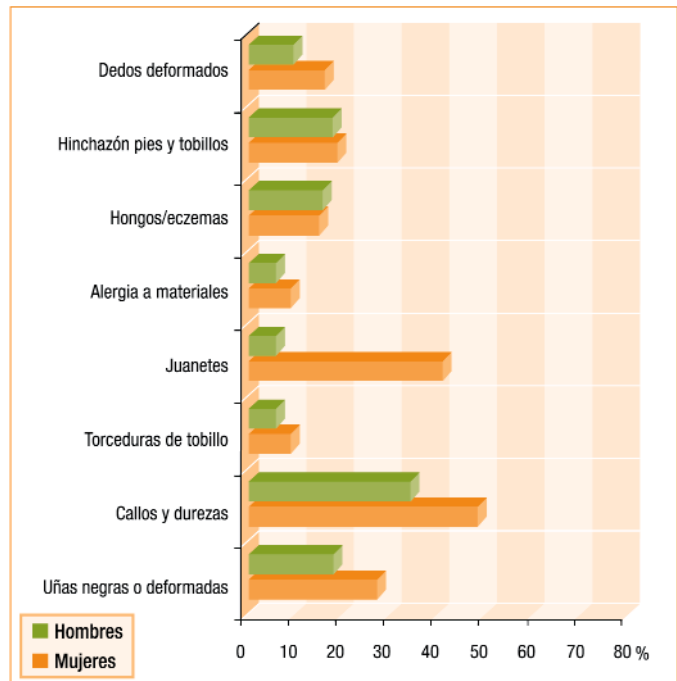


Figura 1: Problemas relacionados con patologías en la población española.

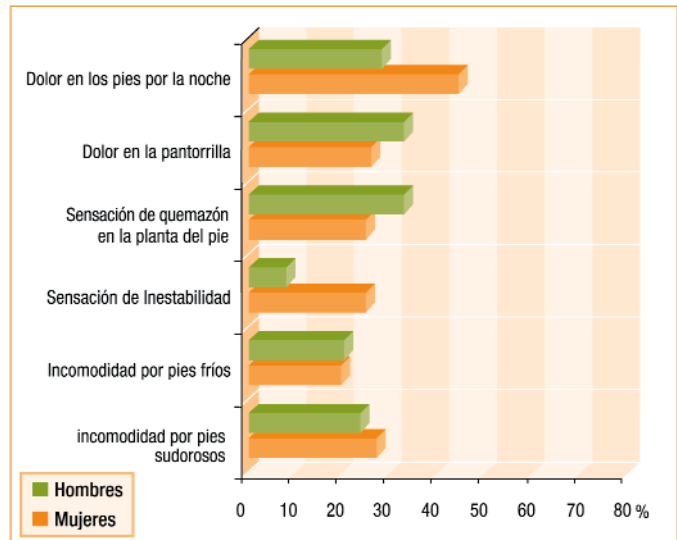


Figura 2: Problemas relacionados con confort en la población española.

Por otra parte se ha realizado la **evaluación funcional de una muestra de calzado para adultos con el objetivo de definir los principales problemas del calzado en el mercado europeo**. Los principales factores biomecánicos que se han evaluado:

-- **La amortiguación de impactos**, es la reducción del impacto que se produce al inicio del contacto del pie con el suelo durante la marcha. Estas fuerzas de impacto y su consiguiente transmisión tienen relación con el confort y con ciertas patologías como el dolor de espalda (lumbalgias), degeneración de las articulaciones, etc.

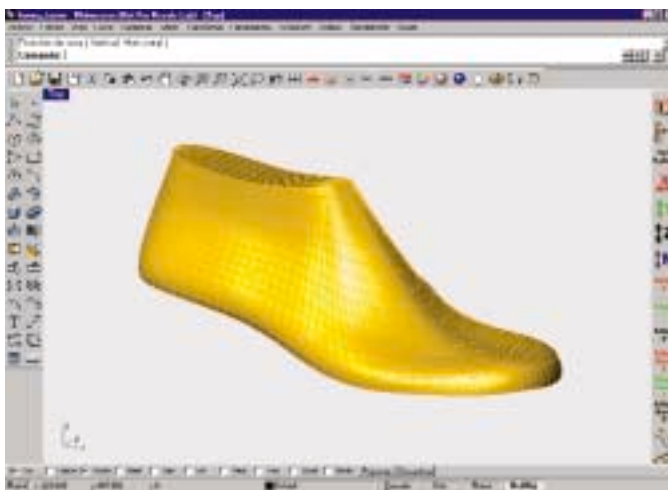


Figura 3: Horma digitalizada para su evaluación dimensional.

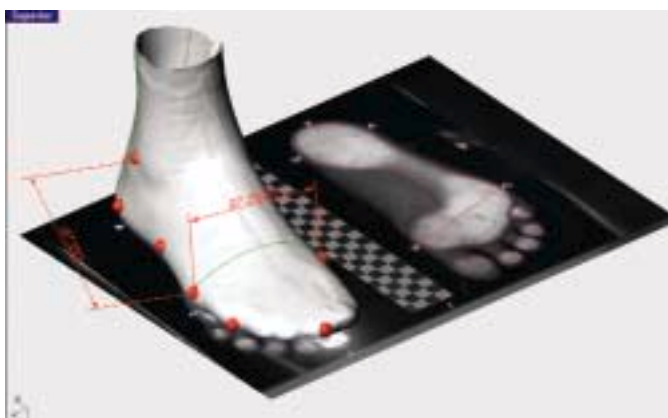


Figura 4: Adquisición digital de medidas y formas del pie para la caracterización antropométrica del mismo en las personas adultas.

Tabla 1: Adquisición digital de medidas y formas del pie para la caracterización antropométrica del mismo en las personas adultas.

MUJERES (TALLA CONTINENTAL 37)			
MEDIDAS DEL PIE	GRUPOS DE EDAD		
	< 40	40 – 60	>60
Altura del dedo más alto (mm)	22	22	26
Distancia del talón al 2º dedo (mm)	216	216	213
Ángulo de juanete (grados)	11	11	17
Ancho del antepié (mm)	92	94	96

HOMBRES (TALLA CONTINENTAL 41)			
MEDIDAS DEL PIE	GRUPOS DE EDAD		
	< 40	40 – 60	>60
Altura del dedo más alto (mm)	24	25	26
Distancia del talón al 2º dedo (mm)	241	238	235
Ángulo de juanete (grados)	8	10	13
Perímetro de antepié (mm)	250	255	251

La **distribución de presiones plantares** es un factor que incide en gran medida en el confort del calzado. El material de la plantilla y una anatomía plantar adecuadas pueden ayudar a distribuir las presiones en la planta del pie evitando zonas de sobrepresión.

La **adaptación a los movimientos del pie**, depende de un buen diseño de la estructura funcional del calzado. El calzado debe permitir la movilidad del pie durante la marcha, reduciendo la fatiga y el dolor (Figura 5).



Figura 5: Ensayo de flexión

La **fricción** del zapato con el suelo debe ser controlada para minimizar el riesgo de caídas causadas por resbalón en el momento inicial del contacto con el suelo. Una fricción adecuada proporciona más seguridad al caminar, aspecto muy importante en el grupo de población de edad más avanzada.

A partir de estos resultados iniciales se han construido diferentes prototipos para proseguir con el estudio funcional del calzado y completar las relaciones existentes entre aspectos de diseño y necesidades de los usuarios. Para el estudio de la **interacción entre los usuarios y el calzado** se han realizado los siguientes ensayos:

**Tests subjetivos**, para obtener la opinión de las personas sobre la muestra de calzado, incluyendo tests de confort general, confort en diferentes partes del cuerpo, evaluación subjetiva del calzado y pruebas de calce (Figura 6).



Figura 6: Pruebas de calce

**Caracterización del usuario.** Este estudio ha permitido determinar la evolución de las propiedades mecánicas del tejido plantar y de la tolerancia a presiones en la planta del pie de la población por encima de 40 años.

**Estudio de presiones plantares**, mediante ensayos con plantillas instrumentadas, Biofoot/IBV® para evaluar la distribución de presiones en la planta del pie.

**Estudio del confort térmico del calzado.** La medida de la humedad y temperatura que ocurren en el interior del calzado en condiciones reales de uso permite determinar la combinación de materiales óptima para el diseño de un calzado adecuado.

### FASE 3. Análisis de los datos recogidos mediante la metodología QFD

En la tercera fase del proyecto, a partir de todos los resultados obtenidos se ha aplicado la metodología de desarrollo de productos QFD (Quality Function Deployment), mediante la cual se analizaron globalmente los datos de tareas previas para extraer y ordenar la información más relevante. La implementación de esta metodología dentro del proceso de diseño de la industria del calzado supone un gran avance ya que, utilizada en otros sectores de elevado nivel tecnológico

- > como el del automóvil ha demostrado reducir el tiempo y el coste de desarrollo de productos a la vez que aumentar la satisfacción de los clientes. El QFD es una herramienta que permite tener presentes las necesidades de los usuarios en todas las fases de desarrollo del producto.

A partir de los conocimientos científicos y tecnológicos adquiridos se establecieron requisitos y retos de diseño para los que se definieron una serie de soluciones y alternativas innovadoras. Como resultado final, el IBV junto con los fabricantes han evaluado las alternativas de diseño, desarrollando nuevos prototipos con unas características de funcionalidad y salubridad óptimas.

Romu's y Lorens han aplicado las conclusiones del estudio a las líneas de productos que han desarrollado en este proyecto. Como reconocimiento al esfuerzo realizado y garantía de los resultados obtenidos, estos productos gozarán de licencia de uso de la Marca IBV con la que el IBV respalda a aquellos productos con unas características de diseño funcional excelente.

## **CONCLUSIONES**

A partir de los 40 años comienzan muchos de los problemas en los pies que además se ven agravados si se usa un calzado inadecuado. El proyecto Fit4Feet viene a resolver o paliar en gran medida los problemas detectados.

Este proyecto ha permitido identificar las necesidades y preferencias de la población adulta y por tanto los principales aspectos a tener en cuenta a la hora de diseñar un calzado específico y generar una base de datos antropométrica de este colectivo de población. Mediante la metodología QFD, que permite tener una visión completa de los problemas y características de los productos que existen en el mercado y de los principales aspectos a tener en cuenta a la hora de diseñar este tipo de productos, se han generado criterios de diseño de calzado acordes con las necesidades de este grupo de población.

El calzado desarrollado por las empresas participantes permitirá satisfacer plenamente las necesidades de un público exigente con la estética del calzado pero que a su vez demanda comodidad y ajuste para no ver afectada su autonomía y funcionalidad. Conocer las características de diseño que debe reunir el calzado para que sea cómodo, funcional y especialmente adaptado a esta población permitirá introducir en el mercado nuevos productos con una gran probabilidad de éxito. ●

---

## **AGRADECIMIENTOS**

Queremos agradecer a todas las personas, entidades y empresas que han participado en la realización del proyecto por su inestimable colaboración para el desarrollo del mismo. Muy especialmente a la Comisión Europea por la financiación del proyecto nº G1ST-CT-2000-50024 bajo el programa 'Competitive and Sustainable Growth' Programme (1998-2002), y a los socios participantes: Calzados Anatómicos Calana S.L. (ROMU'S), Antonio López S.A. (LORENS), Schoenfabriek Durea B.V. (DUREA), AvanG Schoenfabrieken B.V. (AVANG) y el TNO Institute of Industrial Technology.