

DESARROLLO DE UN CALZADO INFANTIL INNOVADOR QUE AUMENTA LA ESTABILIDAD EN LOS PRIMEROS PASOS

Tomás Ovejero Valero
Instituto de Biomecánica de Valencia

LA INFLUENCIA DEL CALZADO EN EL DESARROLLO DE LOS NIÑOS ES CRÍTICA EN LA ADQUISICIÓN DE las habilidades locomotoras y, por lo tanto, la selección del calzado adecuado es esencial para asegurar la salud del niño. El proyecto ARCHIBALD ha permitido generar criterios de diseño y desarrollar un innovador calzado infantil que optimiza el desarrollo motor, disminuye el riesgo de caídas y previene problemas podológicos que pueden surgir a más largo plazo.

El proyecto ha contado con la participación de cuatro empresas españolas (Azorín Shoes S.L., Miró Borrás S.A., Tecnihorma S.L. y Automática & Control Numérico S.L.), dos holandesas (Piedro Footwear y Veltman BV) y una de la República Checa (Fare) y con cuatro Centros de Investigación: El Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV), el Instituto Español del Calzado y Conexas (INESCOP), el Instituto de Tecnología Industrial (TNO) de Holanda, y el Grupo de Desarrollo Perceptual y Motor de la Facultad de Movimientos Humanos de la Universidad de Vrije en Holanda). El proyecto, que ha finalizado recientemente, ha tenido una duración de 2 años y un presupuesto de 1.274.583 Euros financiados por la Comisión Europea en un 50%.

Mediante este proyecto, conceptos provenientes de la biomecánica han permitido poner en el mercado productos innovadores en el segmento del calzado infantil tanto de productos acabados como de componentes para el calzado.

ARCHIBALD Project: Development of an innovative children footwear which increases the stability in the first steps

Footwear influence on children development is critical during the acquisition of locomotor skills and, therefore, the selection of adequate footwear is essential to ensure children health. ARCHIBALD project has permitted to generate design criteria and to develop innovative children footwear which optimizes the motor development, decreases the risk of falling and it helps prevent future podiatric problems.

In the project there have participated four Spanish manufacturers ((Azorín Shoes S.L., Miró Borrás S.A., Tecnihorma S.L. and Automática & Control Numérico S.L.), two Dutch manufacturers (Piedro Footwear and Veltman BV) and one from the Check Rep. (Fare) and four Research and Development Centers: Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV), Instituto Español del Calzado y Conexas (INESCOP), TNO Industrial Technology (TNO) from The Netherlands, and the Perceptual-motor Development Group of the Faculty of Human Movement Sciences from the Vrije University of Amsterdam. The Project, which has finished recently, has lasted 2 years and its budget has been 1.274.583 Euros, founded by the European Commission in a 50%.

By means of this project, concepts from biomechanics have permitted innovative products in the segment of children footwear, both finished footwear and components, to be available in the market.

INTRODUCCIÓN

Los niños experimentan un largo proceso de aprendizaje durante el desarrollo de sus habilidades locomotoras, produciéndose durante este proceso la maduración y la integración de los sistemas motor, visual, vestibular y propioceptivo. La influencia del calzado en el desarrollo de los

niños es crítica, y la selección del calzado adecuado es, por lo tanto, una necesidad para contribuir a la maduración óptima del niño, tanto a nivel físico como motor, Pese a que estos primeros años son críticos para el desarrollo del pie y maduración de la marcha de los niños, ha sido escasa la labor de investigación acerca de cuáles deben ser las características

>

14 | proyectos de I+D

> que debe presidir el diseño del calzado infantil para los niños más pequeños.

Por este motivo, la mayor parte de los productos disponibles actualmente en el mercado europeo han sido concebidos, diseñados y desarrollados desde un punto de vista tradicional, adoleciendo de la falta de una adecuada y actualizada base científica. Además, los productos ofrecidos por los fabricantes europeos están siendo sustituidos cada vez más por productos importados de baja calidad y precio, debido principalmente a la importancia que los consumidores dan al precio y la estética, en detrimento de otros aspectos relacionados con la salud y la funcionalidad.

El objetivo principal del proyecto ARCHIBALD ha sido el desarrollo de un nuevo tipo de calzado para niños que comienzan a caminar basado en la estabilidad de la marcha como nuevo concepto innovador. Este concepto biomecánico consistente en la mejora de la estabilidad de los niños tiene el objetivo de reducir el riesgo de caídas e incrementar el número de movimientos que el niño puede realizar, asegurando de este modo su correcto desarrollo físico y motor. Este concepto ha sido combinado con la optimización del ajuste del calzado, fundamental para asegurar la salud podológica del niño.

En el proyecto ARCHIBALD "A Research on Children Balance Development" han participado un total de siete empresas, cuatro de ellas españolas (Azorín Shoes S.L., empresa fabricante de calzado infantil ubicada en Villena; Miró Borrás S.A., fabricante de componentes para calzado tales como contrafuertes, palmillas y topes, con sede en Alcoy; Tecnihorma S.L., fabricante de hormas especialista en calzado infantil situada en Villena; Automática & Control Numérico S.L., A&CN, fabricante de automatismos y máquinas de control numérico ubicada en Elda), dos holandesas (el fabricante de calzado infantil Piedro Footwear y la empresa de componentes para calzado Veltman BV) y una perteneciente a la República Checa (Fare). En cuanto a los Centros de Investigación, han sido cuatro los que han participado en el proyecto: el Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV), el Instituto Español del Calzado y Conexas (INESCOP), el Instituto de Tecnología Industrial TNO de Holanda, y el Grupo de Desarrollo Perceptual y Motor de la Facultad de Movimientos Humanos perteneciente a la Universidad de Vrije en Holanda.

El proyecto ARCHIBALD, que ha finalizado recientemente, ha tenido una duración de 2 años (2002-2004). Con un presupuesto de 1.274.583 Euros ha sido financiado en un 50% por la Comisión Europea en la modalidad CRAFT, al amparo del programa "Crecimiento Competitivo y Sostenible" (GROWTH) del V Programa Marco.

METODOLOGÍA EMPLEADA

La figura 1 muestra las diferentes fases del proyecto, así como las principales tareas realizadas y los resultados obtenidos en cada una de las fases. El trabajo desarrollado en el proyecto se enmarca en dos grandes etapas: una primera fase de investigación y experimentación biomecánica y una segunda fase de desarrollo de prototipos y generación de criterios de diseño de calzado infantil.

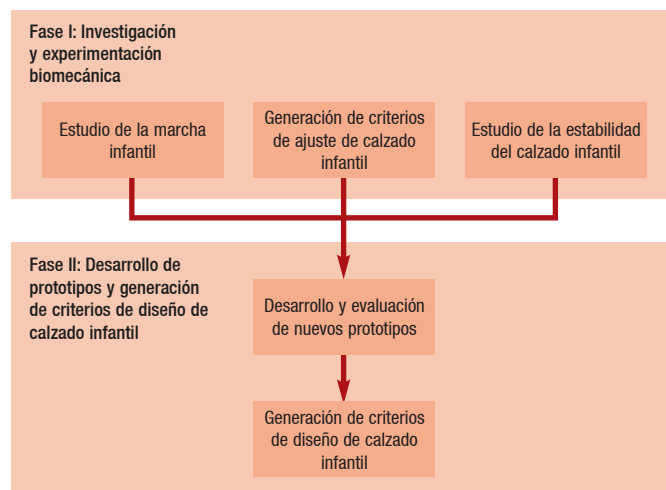


Figura 1. Esquema del trabajo realizado en el proyecto ARCHIBALD.

Fase I: Investigación y experimentación biomecánica

El trabajo realizado en esta fase ha permitido la obtención del conocimiento necesario para el posterior desarrollo de prototipos y generación de criterios de diseño de calzado infantil. El estudio de la marcha infantil, la generación de criterios de ajuste del calzado y el estudio de la estabilidad del calzado son las principales tareas realizadas en esta fase.

-- Estudio de la marcha infantil

Con el objetivo de conocer la influencia del calzado en la marcha infantil, en la estabilidad de los niños y en la habilidad para realizar diferentes actividades, se ha llevado a cabo la medición de diversos parámetros biomecánicos relacionados con la marcha infantil en una muestra de niños españoles y holandeses. Para ello, y con el fin de conocer la influencia de las características de diferentes elementos constituyentes del calzado, tales como la rigidez de la suela, la flexibilidad del contrafuerte y de la palmilla, y el ajuste del zapato tanto en los dedos como en el talón (Figura 2), las empresas fabricantes de calzado infantil participantes (Azorín Shoes S.L. y Piedro Footwear) han fabricado una serie de prototipos preliminares empleando diversos elementos suministrados por las empresas de componentes involucradas en el proyecto (Miró Borrás S.A. y Veltman BV).

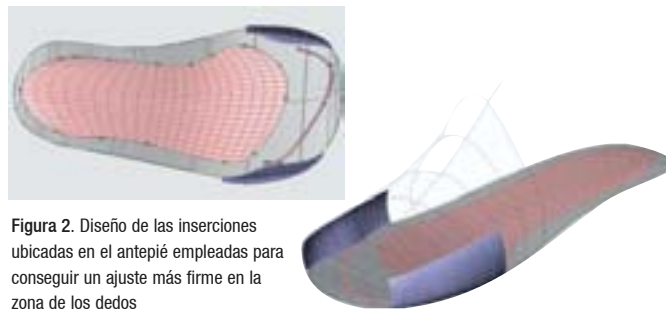
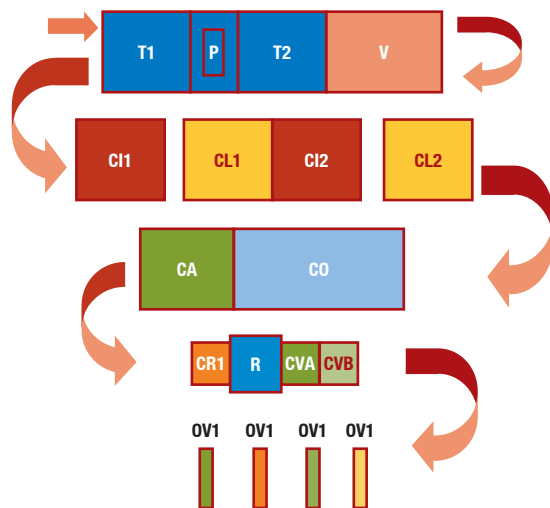


Figura 2. Diseño de las inserciones ubicadas en el antepié empleadas para conseguir un ajuste más firme en la zona de los dedos

Empleando dichos prototipos preliminares, y tras la definición de los protocolos de medida necesarios y la realización de un estudio piloto previo, se ha llevado a cabo la medición de los parámetros de la marcha de 200 niños (100 en España y 100 en Holanda) con edades comprendidas entre 1 y 4 años, mediante el empleo de

diversas técnicas biomecánicas. El Instituto de Biomecánica de Valencia en España, y el Grupo de Desarrollo Perceptual y Motor de la Facultad de Ciencias del Movimiento Humano de la Universidad de Vrije en Holanda, han sido los encargados de realizar la experimentación biomecánica con niños y la medición de parámetros de la marcha infantil, empleando para ello diversas técnicas biomecánicas tales como:

- Técnicas de circuitos de habilidad con el fin de evaluar la influencia del calzado en la estabilidad de los niños y en su habilidad locomotora realizando diferentes actividades (caminar sobre terrenos diversos, subir rampas, superar obstáculos, etc.) La figura 3 muestra uno de los circuitos empleados para la evaluación de la habilidad de los niños más pequeños.



- T1, T2: pasillo de marcha
- P: plataforma dinamoétrica
- V: espacio vacío
- C11, C12: superficies irregulares
- CL1, CL2: superficies lisas
- CA: césped artificial
- CO: material blando
- CR1: material duro
- R: rampa
- CVA, CVB: diferentes alturas

Figura 3. Circuito de habilidad empleado en la determinación del efecto del calzado en la habilidad motora de los niños de 1 a 2 años.

- Plataformas dinamoétricas mediante las cuales se han registrado tanto las fuerzas de reacción como el desplazamiento del centro de presiones originados durante la marcha de los niños con los distintos prototipos de calzado. La figura 4 muestra dos registros de fuerzas de reacción realizados mediante plataformas dinamoétricas Dinascan/IBV. Adicionalmente se han registrado medidas de equilibrio estático en bipedestación mediante el empleo de dichas plataformas.
- Medidas de parámetros espacio-temporales como la longitud y la anchura de paso y la velocidad de la marcha con los distintos prototipos.
- Medición de la actividad muscular mediante el empleo de electromiografía.

El análisis de las mediciones biomecánicas realizadas ha permitido caracterizar la evolución de la marcha infantil en función de las características de diferentes componentes del calzado, así como obtener la evolución de diversos parámetros de la marcha en función del grado de madurez y crecimiento de los niños. En la figura 5 se muestra

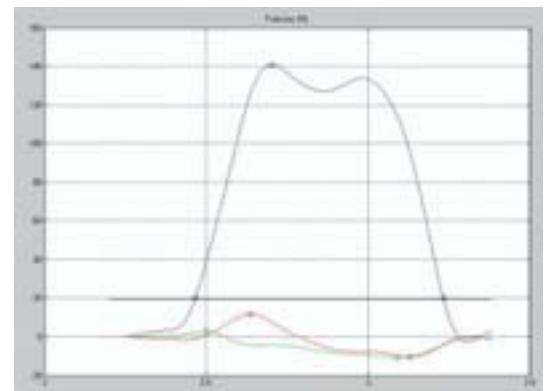
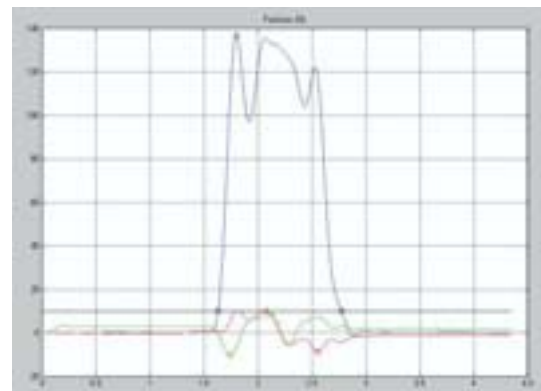
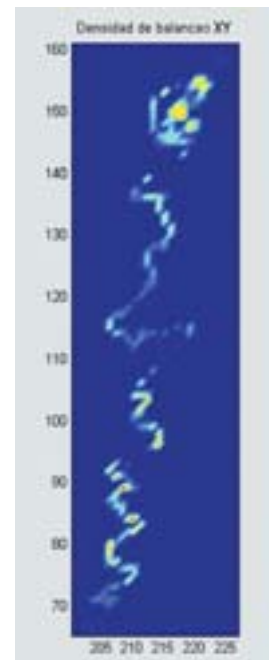


Figura 4. Registros de las fuerzas de reacción sobre la plataforma dinamoétrica durante la marcha infantil. Derecha: dos pasos sobre la plataforma. Izquierda: un solo paso sobre la plataforma.

Figura 5. Ejemplo de parámetro obtenido a partir del registro del centro de presiones: densidad de centros de estabilización local donde los puntos del centro de presiones están más concentrados.



uno de estos parámetros (densidad de centros de estabilización parcial presentes en la trayectoria del centro de presiones), empleados en la evaluación de la marcha infantil.

• Generación de criterios de ajuste de calzado infantil

Otra importante información de partida, imprescindible para la obtención de criterios de diseño de calzado infantil, es la relacionada con el ajuste del calzado, resultado de la interacción de la antropometría de los pies de los niños con la forma de las hormas empleadas en la fabricación de calzado infantil.

Mediante equipos de escaneo tridimensional que permiten capturar la forma completa del pie de una manera sencilla y rápida, tanto el IBV en España como el TNO en Holanda han obtenido la forma completa de los pies de 2.000 niños (1.000 en cada país). Tras la realización de un estudio piloto

16 proyectos de I+D

> con el que se han evaluado diversos equipos existentes en el mercado y la elaboración de un protocolo de escaneo empleando dichos sistemas, se ha procedido a la realización de las medidas antropométricas, empleando en España el escáner de pies Infoot de la empresa I-ware (Figura 6), y en Holanda el escáner Fotofit de la empresa Shoemaster.



Figura 6. Escáner de pies Infoot, de la empresa I-ware.

De esta manera se ha elaborado la primera base de datos de pies de la población infantil en 3D, conteniendo las formas tridimensionales de los pies de los niños, así como sus principales secciones y medidas (Figura 7).

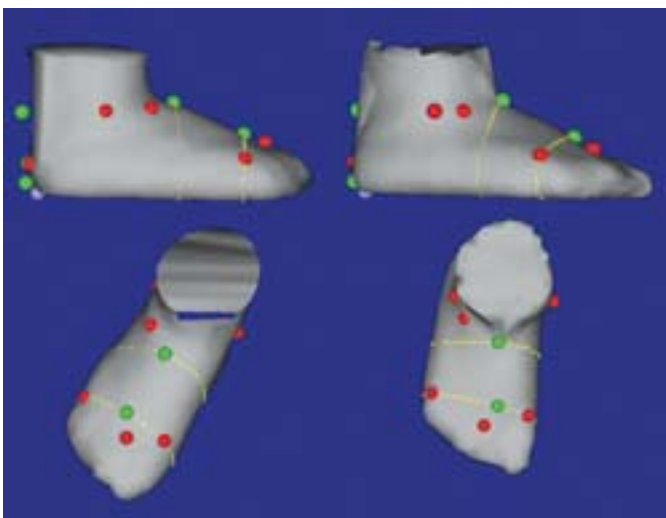


Figura 7. Forma en 3D de un pie infantil escaneado incluyendo puntos anatómicos de referencia.

Posteriormente, se ha procedido a la realización de un exhaustivo análisis de las medidas antropométricas, obteniendo entre otros resultados, patrones de crecimiento

(Figura 8), diferencias entre sexos y diferencias antropométricas entre países (cabe destacar las diferencias morfológicas encontradas entre países, siendo los pies de los niños holandeses más esbeltos y delgados que los pies de los niños españoles; la figura 9 muestra las diferencias en el área del antepié entre niños holandeses y españoles).

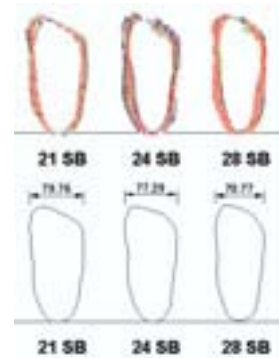


Figura 8. Evolución de la forma del contorno máximo del pie en función de la talla. Todos los pies han sido escalados de modo que tengan la misma longitud.

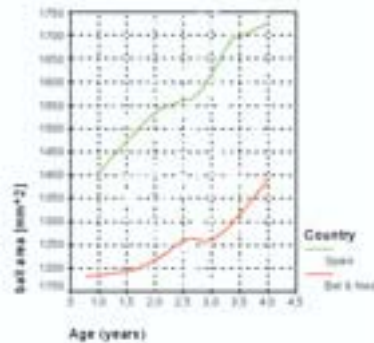


Figura 9. Comparación del área de la sección del antepié entre niños españoles y holandeses en función de la edad.

Por otra parte, tras la definición de las medidas de horma más importantes, tarea en la que ha contribuido de una manera importante la empresa fabricante de hormas Tecnihorma S.L. con una amplia experiencia en hormas infantiles, el Instituto Español de Calzado y Conexas (INESCOP) ha realizado la digitalización de una muestra representativa de hormas pertenecientes a las empresas fabricantes de calzado infantil participantes en el proyecto (Azorín Shoes S.L. y Pedro Footwear). Mediante el estudio de ambas fuentes de información (pies y hormas) y empleando técnicas de CAD se ha realizado la transformación de los datos de las medidas y formas tridimensionales de pies y hormas en criterios de diseño de hormas para conseguir un ajuste adecuado (Figura 10).

-- Estudio de la estabilidad del calzado infantil

El objetivo de esta última etapa es el desarrollo de un protocolo de medida y de una máquina de ensayo de reducido tamaño para la medición de la estabilidad de calzado infantil. Tras la definición de los principales factores del calzado que determinan la estabilidad de la marcha

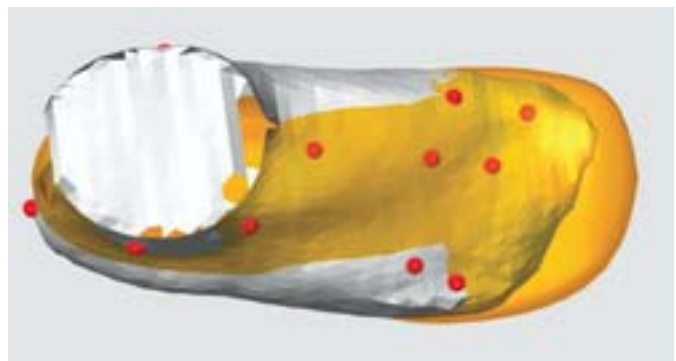


Figura 10. Representación de la comparación del pie con la horma.

infantil, se ha elaborado un protocolo de ensayo para la medición de la estabilidad funcional del calzado mediante la simulación de la marcha infantil. A partir de dicho protocolo, la empresa española Automática y Control Numérico S.L. (A&CN) ha realizado el desarrollo y la fabricación de una máquina de ensayo, que ha sido validada mediante la realización de un estudio piloto. Además, se han considerado los aspectos biomecánicos más importantes del calzado infantil, tales como peso, fricción, flexibilidad, absorción de impactos, etc., realizándose una revisión y adaptación de los protocolos y ensayos existentes para la caracterización mecánica del calzado infantil para los primeros pasos.

Fase II: Desarrollo de prototipos y generación de criterios de diseño de calzado infantil

Esta segunda fase está constituida por dos etapas principales: la primera de ellas comprende el diseño y la fabricación de prototipos a partir del conocimiento extraído de la fase anterior, así como su experimentación; la segunda etapa engloba las actividades que conducirán a la generación de recomendaciones finales de diseño.

-- Fabricación y ensayo de prototipos

Empleando los conocimientos adquiridos en la fase de investigación previa, las empresas fabricantes de calzado infantil participantes (Azorín Shoes S.L. y Piedro Footwear) han diseñado y fabricado una serie de prototipos empleando componentes de las empresas suministradoras (Miró Borrás S.A. y Veltman BV), así como hormas específicas para cada población infantil (española y holandesa) diseñadas por Tecnihorma S.L.

Con el fin de aumentar el conocimiento sobre la influencia de las características de los componentes del calzado infantil en la estabilidad y el patrón de marcha de los niños, se han analizado otros elementos distintos a los evaluados en la fase anterior, tales como la rigidez y el material de acolchado del contrafuerte, la altura de tacón y el peso del zapato. Los prototipos fabricados han sido evaluados posteriormente mediante experimentación biomecánica con niños y caracterizados mecánicamente.

-- Criterios de diseño

El objetivo de esta última etapa ha sido definir la influencia de las características del calzado infantil en el grado de madurez y estabilidad de la marcha de los niños. Mediante la evaluación y el análisis de los resultados obtenidos en las diversas experimentaciones y ensayos realizados a lo largo del proyecto, se han generado criterios de diseño de calzado infantil.

CONCLUSIONES

La importante labor de investigación y experimentación desarrollada ha permitido generar conocimientos que suponen un gran paso en el diseño ergonómico del calzado infantil.

Así, el proyecto ARCHIBALD ha permitido:

- Desarrollar nuevas técnicas y metodologías para la caracterización biomecánica del calzado infantil desde el punto de vista de su estabilidad.

- Caracterizar la evolución de la marcha infantil en función de las características de diferentes componentes del calzado y en función del grado de madurez de los niños.
- Generar criterios de diseño de hormas para conseguir un ajuste adecuado.
- Generar criterios de diseño de calzado infantil teniendo en consideración la mejora de la marcha infantil y de la estabilidad de los niños durante sus primeros pasos.
- Y, por último, desarrollar un innovador calzado infantil que incorpora avanzados conceptos tecnológicos y biomecánicos.

Mediante este proyecto, conceptos provenientes de la biomecánica han permitido poner en el mercado productos innovadores en el segmento del calzado infantil tanto de productos acabados como de componentes para el calzado.

No cabe duda que la incorporación de estos conceptos dotará de un gran valor añadido a los productos desarrollados, pero sobre todo serán los consumidores, en este caso los niños, los más beneficiados por el uso de un calzado que optimiza su desarrollo motor, disminuye el riesgo de caídas y previene la aparición de problemas podológicos que pueden surgir a más largo plazo.

AGRADECIMIENTOS

A la **Comisión Europea** por su apoyo en el marco del programa "Competitive and Sustainable Growth" (Growth) 2000, Proyecto nº G1ST-CT-2002-50191.

Coordinador: Piedro Footwear – Holanda.

Participantes: A&CN – Automática & Control Numérico S.L. – España; Azorín Shoes S.L. – España; Fare – República Checa; GVS – Gebr. Veltman – Holanda; Miró Borrás S.A. – España; Piedro Footwear – Holanda; Tecnihorma S.L. – España; INESCOP – Instituto Español del Calzado y Conexas – España; TNO – Instituto de Tecnología Industrial – Holanda; Universidad de Vrije – Grupo de Desarrollo Perceptual y Motor de la Facultad de Movimientos Humanos – Holanda; IBV – Instituto de Biomecánica de Valencia – España.