



EFFECTOS DE PLANTILLAS ORTOPÉDICAS DE RESINA EN LA REDISTRIBUCIÓN DE CARGAS PLANTARES EN TRABAJADORES INDUSTRIALES

EFFECTS OF RESIN FOOT ORTHOSES ON PLANTAR LOAD REDISTRIBUTION IN INDUSTRIAL WORKERS

Leonardo Lagos-Hausheer*

Felipe Meyer-Cohen**

Susana Contreras***

Resumen: Introducción: El trabajo industrial implica largas horas en bipedestación y locomoción, lo que aumenta el riesgo de alteraciones musculoesqueléticas en los miembros inferiores. Las plantillas ortopédicas se proponen como una intervención para redistribuir cargas y prevenir patologías. Métodos: Se evaluó a 30 trabajadores de una empresa industrial, distribuidos de forma no aleatoria en dos grupos (15 intervención y 15 control). Se realizó análisis baropodométrico dinámico para la confección de las plantillas y evaluación estática para medir parámetros posturales pre y postintervención (3 meses de uso). Se analizaron la distribución de carga, superficie de apoyo, eje podálico y desalineamientos del Centro de Presión (CoP) y Centro de Fuerza (CoF). Resultados: El grupo intervenido alcanzó una simetría de carga bilateral completa de $50/50\% \pm 2\%$ ($d = 0,45$; 53% de normalización vs. 13% control) y una reducción en la diferencia de superficie de apoyo del $15\% \pm 5\%$ al $5\% \pm 3\%$ ($d = 0,50$; 47% de normalización vs. 7% control). El eje podálico se corrigió hacia valores fisiológicos ($6,0^\circ$ a $9,2^\circ$, $d = 0,42$; 40% vs. 7% control) y disminuyeron los desalineamientos del CoP antero-posterior (6 a 2 mm, $d = 0,41$) y látero-lateral (5 a 2 mm, $d = 0,39$), así como del CoF ($1,2^\circ$ izq. y $1,1^\circ$ der., $d = 0,40$ – $0,44$). Aunque las diferencias no alcanzaron significancia estadística ($p = 0,06$ – $0,10$), los tamaños del efecto fueron moderados (Cohen's $d = 0,38$ – $0,50$) y el grupo intervención alcanzó tasas de normalización por parámetro de entre 27% y 53%, marcadamente superiores al grupo control (7%–13%). Discusión: Las plantillas produjeron cambios clínicos en la postura estática, mostrando potencial para controlar sobrecarga mecánica. Se requiere seguimiento a largo plazo. Conclusión: Las plantillas ortopédicas personalizadas resultaron útiles para redistribuir cargas plantares y mejorar la alineación postural estática en trabajadores industriales.

Palabras clave: Plantillas ortopédicas, Baropodometría, Salud ocupacional, Presión plantar, Trabajadores industriales.

Abstract: Introduction: Industrial work involves long hours of standing and locomotion, increasing the

*Departamento de Kinesiología, Universidad de Concepción, Concepción, Chile. Correo electrónico: leolagos@udec.cl. Orcid: <https://orcid.org/0000000325881548>. Autor de Correspondencia

** Departamento de Ergonomía, Facultad de Cs Biológicas, Universidad de Concepción. Correo electrónico: fmeyer@udec.cl. Orcid: <https://orcid.org/0000000283296147>

*** Escuela de Kinesiología, Universidad Santo Tomás, Los Ángeles, Chile. Correo electrónico: kine.susanacontreras@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0009000938812761>

risk of lower-limb musculoskeletal disorders. Foot orthoses are proposed as an intervention to redistribute loads and prevent pathologies. Methods: Thirty workers from an industrial company were evaluated, non-randomly assigned to two groups (15 intervention and 15 control). Dynamic baropodometric analysis was performed for orthosis manufacturing, and static evaluation was conducted to measure pre- and post-intervention postural parameters (3 months of use). Load distribution, contact surface area, podalic axis, and the misalignment of the Center of Pressure (CoP) and Center of Force (CoF) were analyzed. Results: The intervention group achieved complete bilateral load symmetry of $50/50\% \pm 2\%$ ($d = 0.45$; 53% normalization vs. 13% control) and a reduction in contact surface area difference from $15\% \pm 5\%$ to $5\% \pm 3\%$ ($d = 0.50$; 47% normalization vs. 7% control). The podalic axis was corrected toward physiological values (6.0° to 9.2° , $d = 0.42$; 40% vs. 7% control), and misalignments decreased for anteroposterior CoP (6 to 2 mm, $d = 0.41$), mediolateral CoP (5 to 2 mm, $d = 0.39$), and CoF (1.2° left and 1.1° right, $d = 0.40 - 0.44$). Although differences did not reach statistical significance ($p = 0.06 - 0.10$), effect sizes were moderate (Cohen's $d = 0.38 - 0.50$), and the intervention group achieved parameter normalization rates between 27% and 53%, markedly higher than the control group (7%–13%).

Discussion: The insoles produced clinical changes in static posture, showing potential to control mechanical overload. Long-term follow-up is required. Conclusion: Customized foot orthoses proved useful for redistributing plantar loads and improving static postural alignment in industrial workers.

Keywords: Orthopedic insoles, Baropodometry, Occupational health, Plantar pressure, Industrial workers.

Recepción: 19.05.2026 / Revisión: 08.06.2026/ Aceptación: 14.08.2026

Introducción

Las molestias musculoesqueléticas son una de las principales causas de ausentismo laboral, reducción de productividad y discapacidad temporal en el ámbito industrial. Trabajadores expuestos a largas jornadas en bipedestación o caminata prolongada presentan mayor riesgo de desarrollar dolor lumbar, metatarsalgia y otras alteraciones de los miembros inferiores, lo que genera un impacto significativo en la salud pública y en los costos empresariales (Kolcz et al., 2020; Männikkö y Sahlman, 2017; Rannisto et al., 2019).

El uso de plantillas ortopédicas en el entorno laboral ha sido propuesto como estrategia preventiva y terapéutica para redistribuir cargas plantares, reducir presiones excesivas en puntos específicos y disminuir la percepción de fatiga en trabajadores de industrias como manufactura, salud y minería (Lavender et al., 2019; Rannisto et al., 2019). Estos dispositivos han mostrado ser efectivos para aliviar síntomas en patologías como pie plano, pie cavo y artrosis, pero su implementación en la población laboral general aún requiere evidencia específica (Oerlemans et al., 2023; Telfer et al., 2013).

Diversas revisiones sistemáticas y ensayos clínicos han destacado la efectividad de las plantillas ortopédicas en el entorno laboral, mostrando mejoras en la reducción del dolor plantar, la fatiga muscular y la alineación postural. Por ejemplo, estudios en personal sanitario, líneas de montaje y sectores industriales han reportado disminuciones significativas en la percepción de molestias y mejoras en parámetros biomecánicos tras el uso de plantillas personalizadas (Caravaggi et al., 2016; Kolcz et al., 2020; Lavender et al., 2019).

Además, se ha documentado que la implementación de plantillas reduce el número de días de baja laboral y mejora la satisfacción general de los trabajadores, consolidándose como una intervención con impacto clínico y económico relevante. Estos hallazgos respaldan la integración de plantillas ortopédicas como parte de programas preventivos de salud ocupacional, especialmente en ocupaciones que implican largas jornadas en bipedestación o movimientos repetitivos (Almeida et al., 2016; Rannisto et al., 2019).

Las evaluaciones biomecánicas, en particular la baropodometría, han adquirido un papel relevante en la prescripción de plantillas personalizadas, ya que permiten analizar la distribución de cargas, detectar asimetrías funcionales y establecer objetivos de corrección individualizados (Dolz Peris et al., 2020). La baropodometría ha demostrado ser una herramienta fiable y reproducible para la evaluación del pie en condiciones estáticas y dinámicas, mostrando validez para monitorizar cambios tras intervenciones ortopédicas (Giacomozzi, 2010; Lavender et al., 2019). Su aplicación en contextos laborales es una oportunidad para integrar la biomecánica en programas de salud ocupacional basados en evidencia.

El uso de datos objetivos biomecánicos mejora la precisión del diseño ortopédico y contribuye a maximizar los beneficios clínicos del tratamiento. Desde el punto de vista organizacional, diversos estudios han señalado que la reducción de molestias musculoesqueléticas mediante intervenciones ergonómicas como las plantillas puede traducirse en menores costos por licencias médicas, menor rotación de personal y aumento de la productividad (Almeida et al., 2016; Rannisto et al., 2019). Así, el impacto de estas intervenciones trasciende lo clínico e involucra aspectos económicos relevantes para la empresa.

El objetivo de este estudio fue evaluar los efectos de plantillas ortopédicas personalizadas de resina en la redistribución de cargas plantares mediante análisis baropodométrico, en trabajadores industriales, y explorar su potencial impacto clínico y preventivo en salud ocupacional.

Objetivos

Objetivo General

- Evaluar los efectos del uso de plantillas ortopédicas personalizadas de resina en la redistribución de cargas plantares mediante análisis baropodométrico estático y dinámico en trabajadores de la industria papelera expuestos a bipedestación prolongada, explorando su potencial impacto clínico y preventivo en salud ocupacional.

Objetivos Específicos

- Determinar las variaciones pre y post intervención en la simetría de carga izquierda/derecha y en el porcentaje de superficie de apoyo plantar en el grupo intervenido frente al grupo control.
- Analizar las modificaciones biomecánicas inducidas por el uso de las plantillas sobre el eje podálico y la distribución de carga antepié/retropié.

- Cuantificar la variación en los desalineamientos del centro de presión (CoP) anteroposterior y látero-lateral, así como del centro de fuerza (CoF) tras tres meses de uso continuo de la intervención ortopédica en el puesto de trabajo.
- Estimar la relevancia clínica de los cambios observados mediante el cálculo del tamaño del efecto (Cohen's d) y establecer la tasa de normalización individual de los parámetros baropodométricos evaluados.

Materiales y métodos

Se realizó un estudio comparativo cuasiexperimental, longitudinal, con mediciones pre y postintervención y grupo control no aleatorizado, los investigadores no participaron de la captura de datos, la selección de la muestra fue aportada por la empresa intervenida, se menciona de manera detallada a continuación.

Las evaluaciones baropodométricas iniciales y finales (mes 0 y 3) fueron ejecutadas externamente por una profesional de la salud con más de 5 años de experiencia. Las mediciones se estandarizaron en una única estación *in situ* utilizando el mismo equipamiento y software baropodométrico. Al finalizar todas las evaluaciones, el evaluador extrajo los datos por grupo y los entregó al equipo de investigadores.

Participantes

Se incluyeron 30 trabajadores industriales, divididos en dos grupos: 15 en el grupo intervención, que usó plantillas ortopédicas de resina longitud $\frac{3}{4}$ (ProStep modelo Ultra, Chile) (Fig 1) y 15 en el grupo control (sin intervención). Los criterios de inclusión fueron: (a) edad >18 años, (b) trabajadores operativos con jornada laboral en bipedestación prolongada (>8 horas/día o caminata continua en planta), y (c) antigüedad laboral mayor a 1 año en el mismo puesto de trabajo. Se incluyeron tanto trabajadores sintomáticos como asintomáticos para evaluar los efectos de la intervención en la redistribución de cargas tanto a nivel correctivo como preventivo. Todos los sujetos dieron su consentimiento para el estudio, y pudieron dejar de usar las plantillas cuando lo desearan, lo cual los eliminaba del estudio inmediatamente sin consecuencias laborales para ellos. Los criterios de exclusión incluyeron: (a) antecedentes de cirugía ortopédica o traumatológica en miembros inferiores en los últimos 12 meses, (b) patologías neuromusculares o disfunciones estructurales severas, y (c) uso actual de plantillas u ortesis personalizadas.

Protocolo de selección de muestra.

El grupo de investigadores solicitó a la empresa donde se realizó el estudio un listado de 30 operadores. No existieron indicaciones, solo se contextualizó que se realizaría un tratamiento con plantillas ortopédicas. Bajo ese contexto, el equipo de operaciones de la empresa en cuestión realizó una selección independiente y ciega respecto de los investigadores.

Figura 1. Plantilla ¾ ProStep Ultra

Elaboración propia

El patrón usado para asignar fue el día de la evaluación, es decir, grupo intervención (evaluados el día 1), grupo control (evaluados el día 2). Todos los trabajadores pertenecían a la misma área de producción de la empresa, el único cambio fue el turno evaluado. La población tenía puestos de trabajo de manejo manual de cargas en la industria papelera de Chile (Nacimiento, Región del Bío Bío), por lo cual, su trabajo era 100% de pie.

Una vez seleccionados se acordaron las fechas de visitas y evaluación pre(mes cero) y post (mes 3). El equipo investigador fue ciego respecto de las evaluaciones, las cuales fueron realizadas por una profesional capacitada con más de 5 años de uso de baropodometría. Posterior a la entrega de las plantillas no se realizaron ajustes.

Intervención ortopédica

Las plantillas ProStep Ultra fueron diseñadas individualmente a partir de un análisis baropodométrico inicial (Kolcz et al., 2020) en un equipo marca Sensor Medica modelo FreeStep(Sensor Medica, Milán, Italia), se adicionaron evaluaciones de videografía y podoscopia digital sistematizadas con el software aportado por Freestep. Los participantes del grupo intervención usaron las plantillas durante y fuera su jornada laboral durante tres meses. Los 15 sujetos que iniciaron terminaron el estudio. Todos usaron el mismo modelo estructural pero se incluyeron adecuaciones particulares para cada trabajador para compensar condiciones biomecánicas como hiperpronación, arco bajo, hallux valgus u otros. Las plantillas siempre se usaron en conjunto a zapatos de seguridad.

Procedimiento y evaluación baropodométrica

La plataforma baropodométrica de presiones dimensiones 40 x 40 cm (Fig 2) cuenta con 1600 sensores resistivos con recubrimiento de oro de 24K, densidad de 4 sensores por cm² , frecuencia de muestreo de 200 Hz en prueba estática y 400 Hz en dinámica, y procedimiento

de calibración automática de 10 bits, con rango de medición de 0 a 1000 kPa. Antes de iniciar cada sesión de evaluación diaria in situ, la plataforma fue nivelada horizontalmente y conectada vía USB 2.0 a un equipo de cómputo con el software FreeStep. Se ejecutó el procedimiento de calibración tareada en cero (autocalibración de 10 bits) previa al posicionamiento de cada sujeto, siguiendo las especificaciones del fabricante para corregir variaciones en la temperatura y humedad ambiental.

Las mediciones incluyeron dos modalidades diferenciadas:

a) Protocolo dinámico (análisis de marcha y diseño ortopédico): Previo a la captura, los participantes realizaron una fase de familiarización caminando a velocidad autoseleccionada a lo largo del pasillo de evaluación sobre la plataforma. La prueba consideró el registro de al menos 8 ciclos de marcha válidos, iniciando la marcha con la misma extremidad. Criterios de aceptación/rechazo: Para que una huella fuera aceptada, el pie debía hacer contacto completo dentro del área activa de la plataforma de manera natural durante la fase de apoyo medio de la marcha, sin evidencia de alteración voluntaria en la longitud del paso (e.g., apuntar o estirar la zancada para pisar la plataforma). Se rechazaron las pasadas donde el pie hizo contacto parcial con los bordes de la plataforma o se observó un cambio visible en la velocidad de marcha. Se inspeccionó individualmente cada pisada para verificar que el algoritmo de segmentación hubiera identificado correctamente la extremidad (izquierda o derecha). En caso de una clasificación invertida o no detectada por un patrón de apoyo atípico, el operador reasignó manualmente la etiqueta lateral correcta. El software FreeStep procesó los picos de presión dinámica, la trayectoria de la línea de marcha y las zonas de sobrecarga durante la fase de apoyo para la prescripción y confección computarizada de las plantillas ortopédicas de resina.

b) Protocolo estático (medición de variables dependientes posturales): Los participantes se posicionaron descalzos en bipedestación ortostática relajada sobre la plataforma baropodométrica, con la mirada al frente y los brazos a los lados del cuerpo durante un registro continuo de 30 segundos. Criterios de rechazo: Se descartaron y repitieron los ensayos donde se observaron movimientos compensatorios mayores (e.g., deglución brusca, giros de cabeza, pérdida del equilibrio, habla o movimiento explícito de extremidades superiores). El software FreeStep extrajo la media temporal de cada variable calculando los promedios aritméticos para las variables. De esta prueba estática se extrajeron los valores basales (preintervención) y finales (postintervención) de las variables presentadas en tabla 1.

Tabla 1. Detalla la definición operacional, fórmula, unidad de medida, sentido de interpretación, valor de referencia fisiológico y la fuente científica que respalda cada criterio

Variable	Definición operacional y fórmula	Unidad	Sentido de interpretación	Valor normal (fisiológico)	Fuente científica respaldada
Diferencia de Carga (Asimetría)	Diferencia absoluta del porcentaje de peso corporal soportado entre extremidades: $IAC = \%Carga\ Der - \%Carga\ Izq $	%	Valores cercanos a 0% indican simetría perfecta; valores elevados indican asimetría de carga.	50/50% $\pm 3\%$	Giacomo zzi (2010); Kolcz et al. (2020)

Diferencia de Superficie de Apoyo	Porcentaje de diferencia en el área de contacto plantar entre el pie derecho e izquierdo: $\Delta\text{Sup} = \frac{\text{Área Total} - \text{Área Der} - \text{Área Izq}}{\text{Área Total}} \times 100$	%	Valores menores reflejan mayor simetría en la superficie de contacto bilateral.	<10%	Dolz Peris et al. (2020) Giacomo zzi (2010)
Distribución Antepié / Retropié	Proporción de carga entre la región anterior (metatarsal) y posterior (calcáneo): $\Delta\text{AP} = \frac{\text{\%Retropie} - \text{\%Antepie}}{\text{\%Antepie}}$	%	Un aumento excesivo en retropié o antepié indica sobrecarga regional.	45/55% a 40/60% (Antepié/Retropié)	Giacomo zzi (2010)
Eje Podálico	Ángulo formado por la línea de progresión del pie y el eje longitudinal del talón al segundo metatarsiano.	Grados (°)	Representa la orientación espacial del pie (aducción/abducción).	9° a 15°	Dolz Peris et al. (2020);
Desalineación CoP Antero-Posterior	Desplazamiento del Centro de Presión (CoP) en el eje Y respecto al centro de masa baropodométrico teórico.	mm	Desviaciones positivas/negativas indican desplazamiento anterior o posterior del baricentro.	±5 mm	Giacomo zzi (2010)
Desalineación CoP Látero-Lateral	Desplazamiento del Centro de Presión (CoP) en el eje X respecto a la línea media del cuerpo.	mm	Desviaciones elevadas indican desequilibrio o inclinación lateral.	±5 mm	Giacomo zzi (2010)
Desalineación CoF	Ángulo de desviación de la resultante del Centro de Fuerza (CoF) en la prueba estática.	Grados (°)	Desviaciones mayores a 2° representan inestabilidad en la vectorización de la fuerza.	0°±2°	Sawada et al. (2016); Giacomo zzi (2010)

Elaboración Propia.

Figura 2. Estación de evaluación de Baropodometría in situ.



Elaboración propia.

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados mediante estadística descriptiva (media, desviación estándar), pruebas t pareadas y análisis de significancia ($p < 0.05$). Además, se calculó el tamaño del efecto (Cohen's d) para evaluar la relevancia clínica (Rannisto et al., 2019; Lavender et al., 2019). El software utilizado fue SPSS v.26 (IBM Corp.).

Resultados y Discusión

Datos demográficos del grupo intervención y control se presentan en tabla 2. El 73% de los participantes del grupo intervención y el 67% del grupo control reportaron haber presentado molestias musculoesqueléticas en los últimos 6 meses previos al estudio, principalmente en pies, tobillos y región lumbar.

Tabla 2. Características demográficas y laborales de la muestra

Variable	Grupo Intervención (n = 15)	Grupo Control (n = 15)
Edad (años)	42,3 ± 8,1	41,9 ± 8,9
Sexo (Hombres / Mujeres)	9 (60%) / 6 (40%)	9 (60%) / 6 (40%)
Peso (kg)	80,4 ± 13,3	80,1 ± 12,3
Talla (m)	1,65 ± 0,06	1,65 ± 0,05
Talla de calzado (Chile)	40,4 ± 1,4	40,3 ± 1,5
Antigüedad laboral (años)	12,5 ± 5,3	11,9 ± 5,1
Bipedestación prolongada (>8 horas/día)	100%	100%
Molestias musculoesqueléticas previas (últimos 6 meses)	73%	67%

Elaboración propia extraída de la investigación.

Los datos continuos se presentan como media $\pm$ desviación estándar. No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos, asegurando la homogeneidad de la muestra.

Cambios baropodométricos

En el grupo intervención, se observó la neutralización de la asimetría de carga bilateral, alcanzando una simetría de 50/50% $\pm$ 2% ($d = 0,45$; 53% de normalización vs. 13% en el grupo control) y una reducción del 66,7% en la diferencia de superficie de apoyo, la cual disminuyó del 15% $\pm$ 5% al 5% $\pm$ 3% ($d = 0,50$; 47% de normalización vs. 7% control). El eje podálico mostró una corrección media de 3,2° hacia valores fisiológicos, modificándose de 6,0° $\pm$ 2,5° a 9,2° $\pm$ 2,0° ($d = 0,42$; 40% vs. 7% control). (Tabla 4, Fig 3)

Asimismo, los desalineamientos del Centro de Presión (CoP) y del Centro de Fuerza (CoF) mostraron reducciones promedio superiores al 55%: el CoP antero-posterior disminuyó de 6 a 2 mm ($d = 0,41$; 33% de normalización vs. 7% control), el CoP látero-lateral de 5 a 2 mm ($d = 0,39$; 27% de normalización vs. 7% control), y el CoF descendió de 3,0° $\pm$ 1,5° a 1,2° $\pm$ 1,0° en el pie izquierdo ($d = 0,44$; 40% de normalización vs. 7% control) y de 2,0° $\pm$ 0,5° a 1,1° $\pm$ 0,6° en el pie derecho ($d = 0,40$; 33% de normalización vs. 7% control).

Aunque las diferencias grupales no alcanzaron significancia estadística ($p = 0,06-0,10$), los tamaños del efecto fueron moderados en todas las variables analizadas (Cohen's $d = 0,38-0,50$). El grupo intervención alcanzó tasas de normalización por parámetro de entre el 27% y el 53%, marcadamente superiores a las del grupo control (7%–13%) (tabla 3 y 4).

Tabla 3. Resultados pre y post intervención. (*) Resultados por alcanzar efectos moderados clínicamente relevantes.

Parámetro	Preintervención (media $\pm$ DE)	Postintervención (media $\pm$ DE)	p- valor	Cohen's d	Interpretación efecto
(a)Simetría carga izq./der. (%)	45/55% $\pm$ 4%	50/50% $\pm$ 2%	0.07	0.45	Moderado (*)
Superficie de apoyo (%)	15% $\pm$ 5%	5% $\pm$ 3%	0.06	0.50	Moderado (*)
(b)Antepié/retro pié izquierdo (%)	42/58%	45/55%	0.09	0.40	Moderado
(c)Antepié/retro pié derecho (%)	43/57%	45/55%	0.10	0.38	Moderado
Eje podálico (°)	6.0° $\pm$ 2.5°	9.2° $\pm$ 2.0°	0.08	0.42	Moderado (*)
Desalineación CoP antero- posterior (mm)	6.0 $\pm$ 3.0 mm	2.0 $\pm$ 1.0 mm	0.09	0.41	Moderado

Desalineación CoP latero-lateral (mm)	5.0 ± 2.5 mm	2.0 ± 1.0 mm	0.10	0.39	Moderado
Desalineación CoF izquierdo (°)	3.0° ± 1.5°	1.2° ± 1.0°	0.07	0.44	Moderado (*)
Desalineación CoF Derecho (°)	2.0° ± 0.5°	1.1° ± 0.6°	0.08	0.40	Moderado (*)

Elaboración propia extraída desde la investigación.

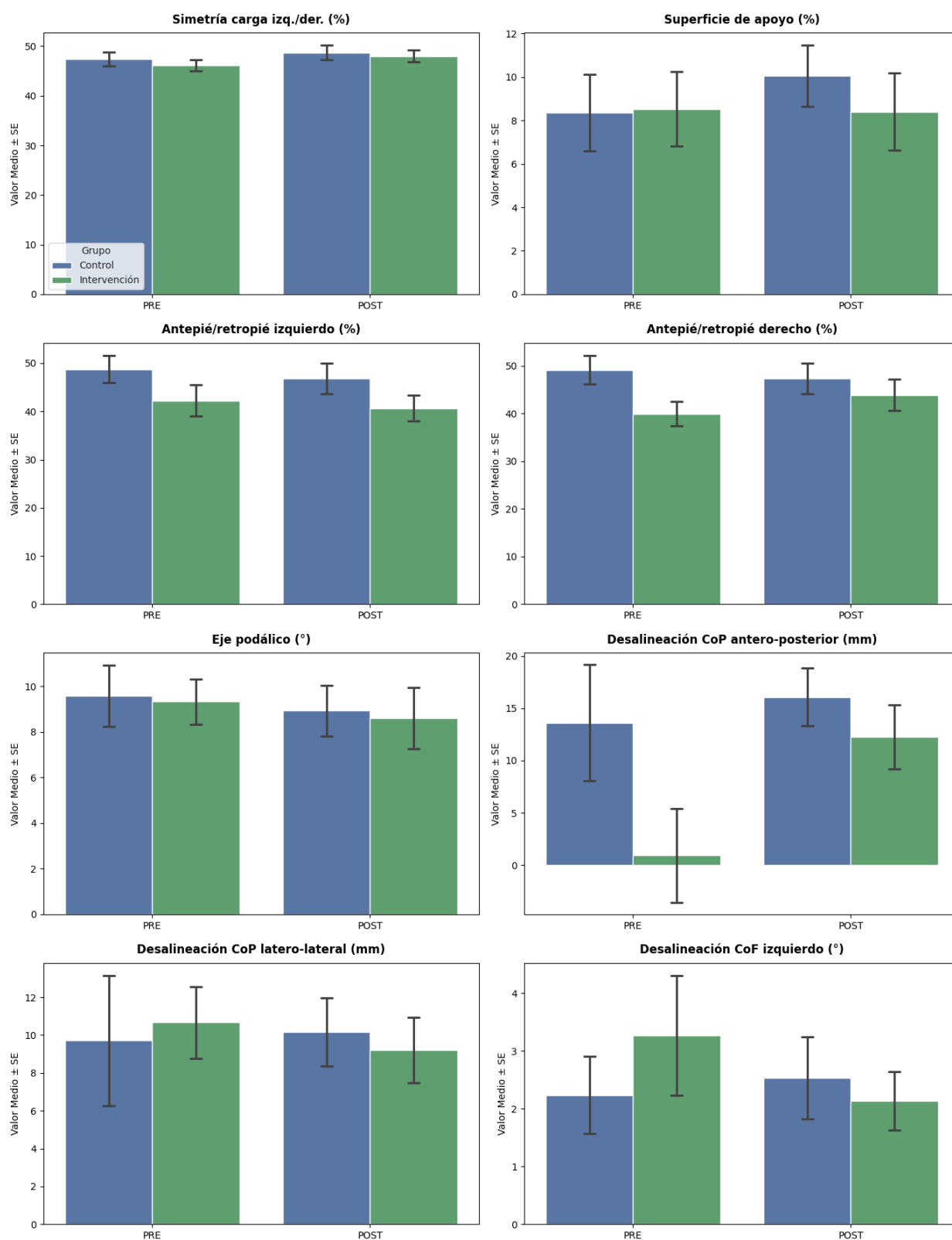
A, B y C corresponde a la comparación dos partes del pie que están al mismo tiempo en apoyo sobre la plataforma, o a cuando se están comparando pie derecho e izquierdo. Por ejemplo, Simetría carga izq./der. (%) 45/55% significa que en esa evaluación los porcentajes corresponden a 45% carga izquierda y 55% derecha. La misma lógica se sigue con % de carga de antepie/retropie.

Tabla 4. Variables normalizadas. El 40% general en el grupo intervención corresponde a participantes que normalizaron al menos 4 de 6 parámetros.

Parámetro	Criterio de normalidad	% Normalización grupo intervención	% Normalización grupo control
Simetría carga izq./der. (%)	50/50% ± 3%	53%	13%
Superficie de apoyo (%)	Diferencia < 10%	47%	7%
Eje podálico (°)	9–15°	40%	7%
Desalineación CoP antero-posterior (mm)	±5 mm	33%	7%
Desalineación CoP latero-lateral (mm)	±5 mm	27%	7%
Desalineación CoF izquierdo (°)	0° ± 2°	40%	7%
Desalineación CoF Derecho (°)	0° ± 2°	33%	7%

Elaboración propia extraído desde la investigación.

Figura 3. Presenta variables evaluadas en Baropodometría estática.



Elaboración propia

Discusión

El uso de plantillas ortopédicas personalizadas confeccionadas a partir de análisis baropodométrico dinámico y estático representa una innovación en salud ocupacional. Estas plantillas permiten ajustar la distribución de cargas plantares de manera personalizada, optimizando la alineación funcional y contribuyendo a prevenir el desarrollo de alteraciones musculoesqueléticas en trabajadores expuestos a largas jornadas en bipedestación (Kolcz et al., 2020; Oerlemans et al., 2023).

Nuestros resultados mostraron mejoras en la simetría de carga izquierda/derecha en el grupo intervención, una variable clave dado que las asimetrías plantares se asocian a compensaciones posturales ascendentes que pueden generar dolor lumbar y disfunciones articulares (Dolz Peris et al., 2020; Lavender et al., 2019; Rannisto et al., 2019). Además, se observó una reducción clínica en la diferencia de superficie de apoyo, lo que refleja no solo un mejor contacto plantar, sino también una mayor capacidad adaptativa del pie. Estos hallazgos coinciden con estudios en poblaciones con pie plano, pie cavo y artrosis, donde plantillas personalizadas han demostrado mejoras similares (Telfer et al., 2013).

El eje podálico mostró avances hacia valores fisiológicos, aspecto fundamental, ya que su desalineamiento está relacionado con patrones de marcha alterados y sobrecarga en las estructuras proximales (Dolz Peris et al., 2020). Asimismo, la disminución en los desalineamientos de CoP y CoF sugiere una mejora en la estabilidad funcional, lo cual también ha sido reportado por Giacomozzi (2010) y Sawada et al. (2016), quienes destacaron el impacto de las plantillas en la optimización del control postural.

Un hallazgo especialmente relevante fue que el 40% de los participantes del grupo intervención lograron normalizar al menos 4 de 6 parámetros clínicos. Este resultado destaca que, más allá de los cambios promedio, existen respuestas individuales reforzando la necesidad de no limitar el análisis a la significancia estadística (Lavender et al., 2019). La capacidad de estas plantillas ortopédicas para corregir patrones biomecánicos de forma personalizada eventualmente podría asociarse con lo reportado por Rannisto et al. (2019), quienes describieron una reducción del 35% en días de baja laboral, y por Almeida et al. (2016), que documentaron un 45% de reducción en síntomas de dolor en trabajadores de manufactura. Algo que se debe seguir estudiando.

Cabe subrayar que los cambios observados se lograron a pesar de la edad media de los participantes (~42 años), un grupo donde ya pueden observarse limitaciones funcionales acumuladas. Este hallazgo refuerza su aplicabilidad no solo en poblaciones jóvenes o deportivas, sino también en trabajadores adultos, como lo evidenciaron Kolcz et al. (2020), quienes encontraron beneficios similares en personal de enfermería mayor de 40 años.

La magnitud de los cambios en la simetría de carga (alcanzando la neutralización bilateral de 50/50%) y en el eje podálico (con un incremento de 6,0° a 9,2°) es comparable a los hallazgos reportados por Lavender et al. (2019) y Oerlemans et al. (2023), quienes destacaron efectos similares en intervenciones con plantillas dinámicas y en adultos con pie plano, respectivamente. Asimismo, las mejoras en la alineación postural coinciden con lo documentado por Dolz Peris et al. (2020) respecto a la corrección de asimetrías funcionales en

los miembros inferiores.

La aplicación de estas intervenciones en entornos podría contribuir a reducir la incomodidad asociada al uso prolongado de calzado de seguridad y pueden prevenir lesiones por sobrecarga en sectores como minería, manufactura y salud (Almeida et al., 2016; Rannisto et al., 2019). La combinación de evaluaciones biomecánicas objetivas y estrategias personalizadas representa una herramienta poderosa para diseñar programas preventivos efectivos (Giacomozzi, 2010).

Las aplicaciones prácticas son amplias y reportadas por Rannisto et al. (2019), las cuales podrían llegar a incluir: la reducción de molestias musculoesqueléticas, la mejora del confort laboral, la optimización del rendimiento productivo y la potencial disminución de costos asociados al ausentismo y la rotación de personal. Estos beneficios refuerzan el valor agregado de integrar tecnología biomecánica en los programas de salud laboral.

Este estudio subraya la importancia de reconocer y valorar la respuesta individual a las intervenciones, considerando que una proporción significativa de trabajadores puede alcanzar beneficios clínicos incluso sin cambios estadísticamente significativos a nivel grupal. Se recomienda que futuros estudios evalúen el impacto de estas plantillas en tareas específicas, su interacción con otros elementos ergonómicos (como el calzado de seguridad) y variables subjetivas como la satisfacción y percepción de mejora (Oerlemans et al., 2023; Sobel et al., 2001).

Entre las limitaciones de este estudio se encuentran el tamaño muestral reducido, la falta de seguimiento longitudinal extendido y la ausencia de análisis complementarios como cinemática tridimensional o mediciones de fuerza. Además, la adherencia interindividual al uso de las plantillas podría haber influido en los resultados y no fue considerada en la evaluación. Además del tamaño muestral acotado ($N = 30$), se reconoce el uso de pruebas *t* de Student focalizadas en los cambios pre-post intragrupo. Aunque el cálculo de los tamaños del efecto (Cohen's *d*) y los porcentajes de normalización individual aportan evidencia sobre la relevancia clínica de las plantillas, no se aplicó un modelo de interacción factorial Grupo $\times$ Tiempo (e.g., ANOVA de medidas repetidas). Se recomienda que futuras investigaciones con mayor potencia estadística utilicen este tipo de modelos multivariados para confirmar de forma aislada el efecto estricto de la interacción.

Conclusiones

El presente estudio mostró que el uso de plantillas ortopédicas personalizadas de resina, diseñadas mediante baropodometría, puede contribuir a mejorar la redistribución de cargas plantares en trabajadores industriales. Aunque las diferencias estadísticas no fueron significativas, los tamaños del efecto sugieren cambios clínicos. Estas intervenciones tienen el potencial de integrarse en programas de salud ocupacional para moderar molestias musculoesqueléticas y el confort laboral. Se recomienda profundizar esta línea de investigación mediante estudios con mayor tamaño muestral, análisis biomecánicos complementarios y evaluación del impacto económico.

Declaración de Financiamiento.

El estudio no fue financiado. La transacción de plantillas fue realizada directamente entre la empresa proveedora y la empresa receptora.

Declaración de conflictos de interés.

Dr. Lagos-Hausheer lidera el área de investigación del uso de plantillas de resina en deporte y trabajo patrocinada por la empresa Prostep, no ha tenido participación ni en la selección de la muestra ni toma de evaluaciones. Su aporte contempla un análisis profesional y científico de los resultados objetivos obtenidos de la tecnología desarrollada. El equipo de investigadores actúa como curadores de la información y veracidad de las conclusiones.

Referencias

- Almeida, J. S., Vanderlei, F. M., Pastre, E. C., Martins, R. A. D. M., Padovani, C. R., & Filho, G. C. (2016). Comparison of two types of insoles on musculoskeletal symptoms and plantar pressure distribution in a work environment: A randomized clinical trial. *Clinical Medicine & Research*, 14(2), 67–74. <https://doi.org/10.3121/cmr.2016.1301>
- Caravaggi, P., Giangrande, A., Lullini, G., Padula, G., Berti, L., & Leardini, A. (2016). In shoe pressure measurements during different motor tasks while wearing safety shoes: The effect of custom made insoles vs. prefabricated and off-the-shelf. *Gait & Posture*, 50, 232–238. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2016.09.013>
- Dolz Peris, C., Gómez-Bernal, A., Alfaro Santafé, J., Almenar Arasanz, A. J., & Boscà Muñoz, F. (2020). Baropodometric analysis of asymmetries in the lower limbs in children aged 4 to 16 years: A cross-sectional study. *Revista Española de Podología*, 31(1), 4–9. <https://doi.org/10.20986/revesppod.2020.1553/2019>
- Giacomozzi, C. (2010). Appropriateness of plantar pressure measurement devices: A comparative technical assessment. *Gait & Posture*, 32(1), 141–144. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2010.03.014>
- Kołcz, A., Główska, N., Kowal, M., & Paprocka-Borowicz, M. (2020). Baropodometric evaluation of foot load distribution during gait in the group of professionally active nurses. *Journal of Occupational Health*, 62(1), Article e12102. <https://doi.org/10.1002/1348-9585.12102>
- Lavender, S. A., Wang, Z., Allread, W. G., & Sommerich, C. M. (2019). Quantifying the effectiveness of static and dynamic insoles in reducing the tibial shock experienced during walking. *Applied Ergonomics*, 74, 118–123. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2018.08.006>
- Männikkö, K., & Sahlman, J. (2017). The effect of metatarsal padding on pain and functional ability in metatarsalgia. *Scandinavian Journal of Surgery*, 106(4), 332–337. <https://doi.org/10.1177/1457496916683090>
- Oerlemans, L. N. T., Peeters, C. M. M., Munnik-Hagewoud, R., Nijholt, I. M., Witlox, A., & Verheyen, C. C. P. M. (2023). Foot orthoses for flexible flatfeet in children and adults: A systematic review and meta-analysis of patient-reported outcomes. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 24, Article 16. <https://doi.org/10.1186/s12891-022-06044-8>
- Rannisto, S., Okuloff, A., Uitti, J., Paananen, M., Rannisto, P.-H., Malmivaara, A., & Karppinen, J. (2019). Correction of leg-length discrepancy among meat cutters with low back pain: A randomized controlled trial. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 20, Article 105. <https://doi.org/10.1186/s12891-019-2478-3>
- Sawada, T., Kito, N., Yukimune, M., Tokuda, K., Tanimoto, K., Anan, M., Takahashi, M., & Shinkoda, K. (2016). Biomechanical effects of lateral and medial wedge insoles on unilateral weight bearing. *Journal of Physical Therapy Science*, 28(1), 280–285. <https://doi.org/10.1589/jpts.28.280>
- Sobel, E., Levitz, S. J., Caselli, M. A., Christos, P. J., & Rosenblum, J. (2001). The effect of customized insoles on the reduction of postwork discomfort. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 91(10), 515–520. <https://doi.org/10.7547/87507315-91-10-515>
- Telfer, S., Abbott, M., Steultjens, M. P. M., & Woodburn, J. (2013). Dose-response effects of customised foot orthoses on lower limb kinematics and kinetics in pronated foot type. *Journal of Biomechanics*, 46(9), 1489–1495. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2013.03.036>



Todos los contenidos de la revista **Ergonomía, Investigación y Desarrollo** se publican bajo una [Licencia Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) y pueden ser usados gratuitamente, dando los créditos a los autores y a la revista, como lo establece la licencia