LatArXiv Preprints | Enviado: 02-11-2026 Publicado: 04/11/2026 DOI: 10.62059/f84ypf33

Preprint

Influencia de las plantillas 3D en el tratamiento de patologías podológicas en adultos atendidos en un centro especializado de Asunción, Paraguay, 2025

Influence of 3D-printed insoles on the treatment of podiatric conditions in adults seen at a specialized center in Asunción, Paraguay, 2025

Valdez Salinas, Gloria Belén (1) | Inmediato, Martín (1)

Pertenencia institucional

(1) Universidad Autónoma del Paraguay, Carrera de Podología, Facultad de Ciencias de la Salud, Asunción, Paraguay.

Correspondencia

gloriavaldez462@gmail.com

ORCID

Inmediato
0000-0002-8765-4896

Resumen

Introducción: las plantillas personalizadas fabricadas con tecnología 3D se usan cada vez más en podología, pero hay poca evidencia local sobre sus resultados. Objetivo: determinar la influencia de las plantillas 3D en el tratamiento de patologías podológicas de adultos atendidos en un centro de Asunción en 2025. Métodos: estudio observacional, descriptivo y transversal, de enfoque mixto. Se encuestó a 108 pacientes (muestreo aleatorio simple; Likert de 5 puntos, tras al menos 7 días de uso) y se revisaron sus fichas clínicas. Resultados: refirieron menos dolor al caminar el 68,5 %, mayor estabilidad y comodidad el 76,9 % y mejor marcha el 71,3 %. El 74,1 % usaba la plantilla a diario o casi a diario y el 84,3 % estaba satisfecho. En 19 fichas (17,6 %), todas de antepié, hubo molestias leves que se resolvieron con ajustes menores. Conclusiones: las plantillas 3D fueron bien aceptadas y bien toleradas a corto plazo; se requieren estudios con comparación y mediciones objetivas.

Palabras clave: Plantillas 3D; Ortesis del pie; Fascitis plantar; Pie plano; Satisfacción del paciente

Abstract

Introduction: Custom-made insoles produced using 3D technology are increasingly being used in podiatry; however, there is limited local evidence regarding their outcomes. Objective: To determine the influence of 3D-printed insoles on the treatment of podiatric conditions in adults seen at a center in Asunción in 2025. Methods: An observational, descriptive, cross-sectional study with a mixed-methods approach. A total of 108 patients were surveyed (using simple random sampling and a 5-point Likert scale, after at least 7 days of use), and their clinical records were reviewed. Results: 68.5% of patients reported less pain while walking, 76.9% experienced greater stability and comfort, and 71.3% noted an improvement in their gait. 74.1% used the insoles daily or almost daily, and 84.3% expressed satisfaction. In 19 cases (17.6%)—all involving the forefoot—minor discomfort occurred, which was resolved through small adjustments. Conclusions: 3D-printed insoles were well-accepted and well-tolerated in the short term; further studies incorporating comparative analysis and objective measurements are required.

Key words: 3D insoles; Foot orthoses; Plantar fasciitis; Flatfoot; Patient satisfaction

Licencia: CC BY

Introducción

Las patologías del pie en la población adulta, como la fascitis plantar, el pie plano, el hallux valgus, la metatarsalgia o el neuroma de Morton, son una causa frecuente de dolor y de limitación para caminar y mantenerse de pie, con efecto directo sobre el trabajo y la vida cotidiana. En el manejo conservador, las ortesis plantares se usan junto con la educación del paciente, la fisioterapia y el control del dolor. Los ensayos clínicos en fascitis plantar muestran un beneficio de las ortesis a corto plazo, con un efecto menos claro cuando se las evalúa a más largo plazo[1].

La plantilla convencional, hecha a partir de moldes o de técnicas manuales, depende bastante de quien la fabrica, y esa variabilidad puede traducirse en respuestas clínicas desiguales. El flujo de diseño asistido por computadora (CAD) y fabricación aditiva o sustractiva intenta resolverlo: parte de un escaneo del pie, permite modelar la geometría y la rigidez por zonas y deja guardado el diseño para repetirlo o corregirlo[2,3]. Incluso con equipos de bajo costo se han podido producir ortesis personalizadas de manera viable[4]. Aun así, las revisiones sistemáticas más recientes, por ejemplo en pie plano, consideran que la evidencia clínica sobre las plantillas impresas en 3D sigue siendo débil[5], y buena parte de lo publicado se apoya en la percepción de quienes las usan[6].

En Paraguay la adopción de plantillas con tecnología 3D es todavía reciente y los autores no encontraron estudios locales que documenten sus resultados en la práctica asistencial. Esa falta de datos dificulta definir criterios de indicación y esquemas de seguimiento adecuados al contexto. El objetivo de este trabajo fue determinar la influencia de las plantillas 3D personalizadas en el tratamiento de patologías podológicas de adultos atendidos en un centro especializado de Asunción durante 2025, a partir de la percepción de los pacientes sobre el dolor, la funcionalidad, la marcha, la adherencia y los cuidados, y del análisis de sus fichas clínicas.

Métodos

Diseño y ámbito

Estudio observacional, descriptivo y transversal, de enfoque mixto: la parte cuantitativa midió la percepción de los pacientes con un cuestionario estructurado y la parte documental revisó las fichas clínicas. No se manipuló ninguna variable ni se alteró el tratamiento indicado. El trabajo se realizó en el Centro Integral de Especialidades Podológicas (CIEP) de Asunción, Paraguay, entre marzo y diciembre de 2025. El centro dispone de equipamiento para estudios biomecánicos y para la confección de plantillas personalizadas con tecnología de impresión 3D.

Población y muestra

El universo estuvo formado por los 150 pacientes adultos atendidos en el centro durante el período, según sus registros administrativos. La población accesible fueron los pacientes con diagnóstico podológico que requirieron y usaron plantillas personalizadas impresas en 3D como parte de su tratamiento conservador. La muestra se calculó con la fórmula para poblaciones finitas, $n = N \cdot Z^2 \cdot p \cdot q \,/\, [e^2(N-1) + Z^2 \cdot p \cdot q]$, con $N = 150$, $Z = 1{,}96$ (confianza del 95 %), $p = q = 0{,}5$ y $e = 0{,}05$, lo que dio 108 pacientes. Se seleccionaron por muestreo probabilístico aleatorio simple.

Plantillas

Cada plantilla se diseñó a partir de un escaneo del pie, una evaluación clínica y de la marcha y un modelado asistido por computadora, y se fabricó con tecnologías aditivas o sustractivas. Los elementos de diseño (soporte de arco, copa talonar, posting medial, descarga retrocapital, almohadilla o barra metatarsal, talonera) se eligieron según el diagnóstico de cada paciente.

Instrumentos y variables

Se aplicó una encuesta cerrada, elaborada para este estudio, después de al menos siete días de uso de la plantilla. Los ítems se respondían en una escala Likert de cinco puntos (1 = totalmente en desacuerdo; 5 = totalmente de acuerdo) y exploraban disminución del dolor al caminar, tolerancia a la bipedestación, estabilidad y comodidad, modo de caminar,

seguridad y fatiga, frecuencia de uso, uso conforme a las indicaciones, ausencia de roces o ampollas, cuidado y mantenimiento, y satisfacción general. El ítem sobre roces se codificó de modo que un valor alto indicara ausencia de molestias. El cuestionario incluía además una escala visual análoga del dolor; en este artículo se presentan los diez ítems Likert.

Las fichas clínicas podológicas y las fichas de plantilla se revisaron con una lista de cotejo estructurada. Se extrajeron edad, sexo, número de calzado, diagnóstico, especificación y material de la plantilla, observaciones del profesional y hallazgos de los controles (tolerancia, molestias y ajustes necesarios).

Procedimiento y análisis

Se solicitó autorización formal al centro y se hizo una prueba piloto para ajustar el cuestionario y la lista de cotejo. Los datos se recolectaron en días y horarios acordados con el centro, se codificaron y se organizaron en matrices. El análisis fue descriptivo: frecuencias absolutas y porcentajes. Para cada ítem Likert se calcularon además la media y la desviación estándar y la proporción de respuestas favorables (puntajes 4 y 5) con su intervalo de confianza del 95 % de Wilson. No se hicieron pruebas de hipótesis.

Aspectos éticos

El estudio siguió los principios de la Declaración de Helsinki[7] y la normativa vigente en Paraguay. Los pacientes firmaron un consentimiento informado antes de responder el cuestionario y de que se revisaran sus fichas. Los datos se anonimizaron mediante códigos y se usaron solo con fines científicos. No se modificó el tratamiento clínico ni se hicieron intervenciones adicionales.

Resultados

Características de los participantes

Participaron 108 pacientes, 67 mujeres (62,0 %) y 41 varones (38,0 %). Los grupos de edad más numerosos fueron los de 40 a 49 años (29,6 %) y de 30 a 39 años (25,9 %), y el número de calzado más frecuente estuvo entre 37 y 40 (63,9 %) (tabla 1). Por diagnóstico, predominaron la fascitis plantar y el pie plano, con 21 casos cada uno (19,4 %), seguidos por el hallux valgus, la metatarsalgia y la tendinopatía de Aquiles, con 14 casos cada uno (13,0 %), el espolón calcáneo y el neuroma de Morton, con 11 (10,2 %) y dos pacientes con hallux valgus y metatarsalgia combinados (1,9 %).

Tabla 1. Características de los pacientes y diagnósticos registrados (n = 108)

Característica	n	%
Sexo		
Femenino	67	62,0
Masculino	41	38,0
Edad (años)		
18–29	21	19,4
30–39	28	25,9
40–49	32	29,6
50–59	18	16,7
≥ 60	9	8,3
Número de calzado		
35–36	14	13,0
37–38	33	30,6
39–40	36	33,3
41–42	17	15,7

Característica	n	%
43–44	8	7,4
Diagnóstico principal		
Fascitis plantar	21	19,4
Pie plano	21	19,4
Hallux valgus	14	13,0
Metatarsalgia	14	13,0
Tendinopatía de Aquiles	14	13,0
Espolón calcáneo	11	10,2
Neuroma de Morton	11	10,2
Hallux valgus y metatarsalgia	2	1,9

Fuente: fichas clínicas podológicas del CIEP, 2025. Sexo, edad y calzado según la caracterización sociodemográfica; diagnóstico según el diagnóstico principal consignado en cada ficha.

Percepción de los pacientes

La mayor parte de los pacientes respondió de forma favorable a los diez ítems (tabla 2, figura 1). El 68,5 % refirió menos dolor al caminar y el 63,0 % más tolerancia a estar de pie, que fue el ítem con menor acuerdo. La estabilidad y la comodidad (76,9 %), la mejora del modo de caminar (71,3 %) y la sensación de seguridad con menos fatiga (74,1 %) tuvieron acuerdos algo mayores. En esos cinco ítems de síntomas y función, entre el 9,3 % y el 18,5 % de los pacientes no percibió beneficio.

La adherencia y los cuidados mostraron los valores más altos: el 74,1 % usaba la plantilla a diario o casi a diario, el 81,5 % la usaba según las indicaciones del profesional y el 81,5 % la mantenía limpia y en buen estado. El 68,5 % no tuvo roces ni ampollas, mientras que el 14,8 % señaló algún grado de molestia. La satisfacción general fue elevada, con un 84,3 % de respuestas favorables (media 4,13; DE 0,90) y solo un 6,5 % de insatisfacción.

Tabla 2. Respuestas a los ítems de la encuesta (escala Likert de 5 puntos; n = 108)

Ítem	Favorable (4–5) n (%)	IC 95 % (%)	Neutral (3) n (%)	Desfavorable (1–2) n (%)	Media ± DE
1. Disminución del dolor al caminar	74 (68,5)	59,3–76,5	18 (16,7)	16 (14,8)	3,8 ± 1,15
2. Mayor tolerancia a la bipedestación	68 (63,0)	53,6–71,5	20 (18,5)	20 (18,5)	3,61 ± 1,18
3. Mayor estabilidad y comodidad	83 (76,9)	68,1–83,8	15 (13,9)	10 (9,3)	3,99 ± 1,0
4. Mejora del modo de caminar	77 (71,3)	62,1–79,0	17 (15,7)	14 (13,0)	3,83 ± 1,09
5. Mayor seguridad y menor fatiga al moverse	80 (74,1)	65,1–81,4	16 (14,8)	12 (11,1)	3,9 ± 1,04
6. Uso diario o casi diario	80 (74,1)	65,1–81,4	14 (13,0)	14 (13,0)	3,86 ± 1,08
7. Uso según indicaciones del profesional	88 (81,5)	73,1–87,7	12 (11,1)	8 (7,4)	4,07 ± 0,92
8. Ausencia de roces o ampollas	74 (68,5)	59,3–76,5	18 (16,7)	16 (14,8)	3,75 ± 1,14
9. Cuidado y mantenimiento (limpias, secas)	88 (81,5)	73,1–87,7	11 (10,2)	9 (8,3)	4,06 ± 0,97
10. Satisfacción general	91 (84,3)	76,2–89,9	10 (9,3)	7 (6,5)	4,13 ± 0,9

IC 95 %: intervalo de confianza de Wilson para la proporción de respuestas favorables. En el ítem 8, un puntaje alto indica ausencia de roces o ampollas. Media y DE calculadas a partir de la distribución de frecuencias.

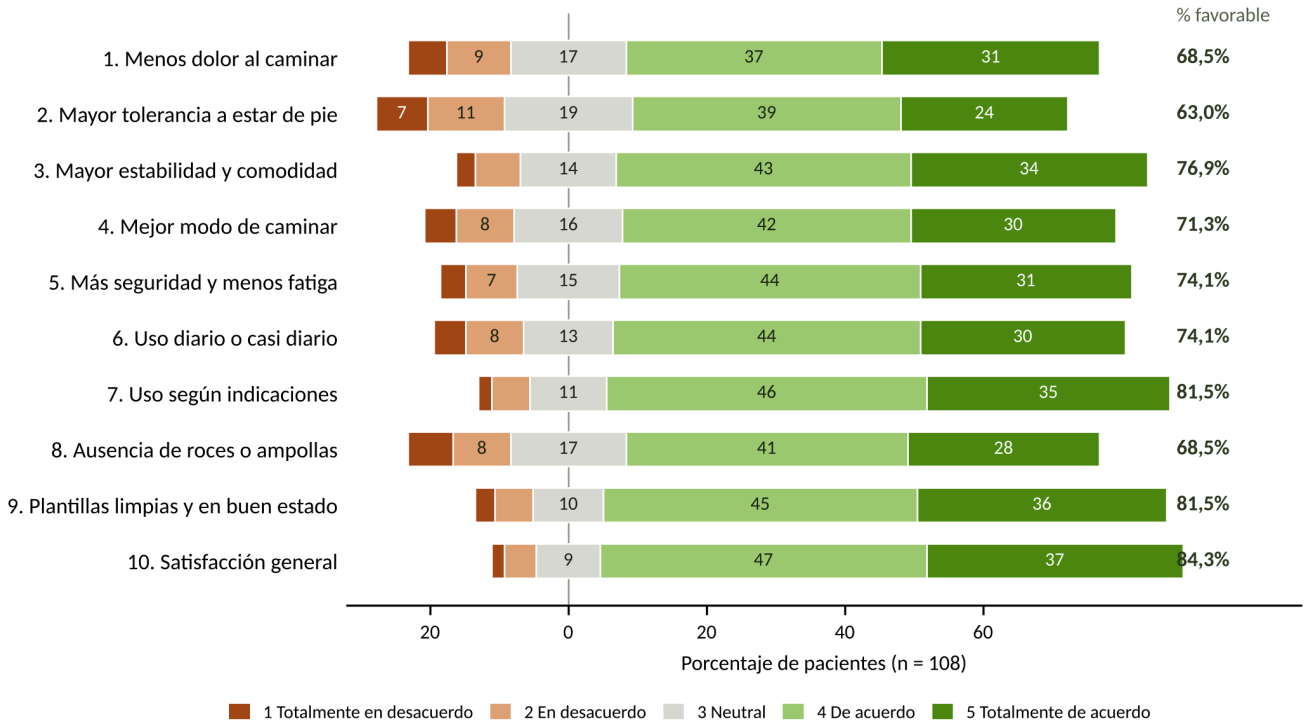


Figura 1. Distribución de las respuestas por ítem. Los números dentro de las barras son porcentajes de pacientes; a la derecha, el porcentaje de respuestas favorables (4–5).

Hallazgos de las fichas clínicas

El material de base fue EVA, con o sin inserto de gel o poliuretano, en 80 plantillas (74,1 %), polipropileno en 18 (16,7 %) y TPU en 10 (9,3 %). El polipropileno se usó sobre todo en el pie plano (15 de 21 casos) y, con menor frecuencia, en el hallux valgus (3 de 14), mientras que el TPU apareció en la fascitis plantar (4 casos) y en la tendinopatía de Aquiles (6 casos). En varias fichas se especifica un forro textil o de microfibra. La tabla 3 resume el diseño y la evolución referida en cada diagnóstico.

En las fichas se consignó alguna molestia inicial leve en 19 de los 108 pacientes (17,6 %): sensación de bulto, roce lateral o sensibilidad al comienzo del uso. En 16 de ellos se resolvió con un ajuste menor, como biselado del borde, adelgazado selectivo o reposición de la almohadilla metatarsal, y en 3 cedió en los primeros días sin modificar la plantilla. Los 19 casos correspondieron a diagnósticos de antepié (metatarsalgia, 9; neuroma de Morton, 8; hallux valgus, con o sin metatarsalgia, 2). Los controles se programaron habitualmente a las 2 a 4 semanas, con revisiones mensuales o más espaciadas en los casos estables.

Tabla 3. Diseño de la plantilla y evolución referida según el diagnóstico

Diagnóstico (n)	Diseño más usado	Material	Evolución referida en las fichas
Fascitis plantar (21) y espolón calcáneo (11)	Soporte de arco y copa talonar; copa profunda con amortiguación focal en el espolón	EVA (con gel en el espolón); TPU en 4 casos de fascitis	Menos dolor en el primer paso de la mañana y al final de la jornada; mejor tolerancia al estar de pie
Pie plano (21)	Posting medial de 4 a 6° y refuerzo del arco, longitud completa o ¾	Polipropileno (15) o EVA de doble densidad (6)	Mayor estabilidad al caminar y menos cansancio vespertino
Hallux valgus (14) y con metatarsalgia (2)	Descarga retrocapital y domo del primer radio	EVA con microfibra; polipropileno en 3	Menos presión sobre la cabeza del primer metatarsiano y mejor ajuste al calzado
Metatarsalgia (14) y neuroma de Morton (11)	Barreta retrocapital y almohadilla metatarsal (tercer–cuarto espacio en el neuroma)	EVA blando o EVA/PU	Menos dolor al estar de pie y menos ardor interdigital
Tendinopatía de Aquiles (14)	Talonera de 8 a 10 mm y soporte neutro	EVA con gel (8); TPU (6)	Menos tirantez matinal; mejor tolerancia a escaleras y a la reanudación del trote

Fuente: fichas clínicas y fichas de plantilla del CIEP, 2025 (n = 108).

Discusión

En este grupo de adultos atendidos en un centro de Asunción, la mayoría de los pacientes percibió menos dolor, más estabilidad y mejor marcha después de al menos una semana con plantillas 3D personalizadas, y la satisfacción general fue alta. Las fichas clínicas muestran un patrón parecido en todos los diagnósticos, con matices propios de cada diseño. Esto es compatible con lo descrito en otros estudios basados en la percepción de los usuarios de plantillas impresas[6], y con los beneficios a corto plazo que se han observado con ortesis plantares en la fascitis plantar[1]. Conviene, sin embargo, leer los resultados con cautela: no hubo grupo de comparación, ni medición antes y después, y la revisión sistemática más reciente en pie plano sigue calificando de débil la evidencia disponible[5].

La relación entre diseño y respuesta tiene una explicación mecánica razonable. La fascia plantar contribuye a sostener el arco mediante el mecanismo de windlass[8], de modo que el soporte del arco y la copa talonar parecen una opción lógica para el dolor de talón, y el control medial con un material rígido para el pie plano. En el antepié, las descargas y almohadillas buscan quitar presión de la zona dolorosa. Aun así, estos mecanismos no se midieron aquí: no se registraron presiones plantares ni parámetros de marcha, y lo que se informa son efectos referidos por los pacientes y observados en consulta.

La adherencia fue alta y la tolerancia, buena. Casi una de cada cinco fichas registra una molestia inicial leve, siempre en diagnósticos de antepié y resuelta con ajustes menores. Esto señala la utilidad de un control temprano, a las dos semanas aproximadamente, y coincide con la ventaja que se atribuye al flujo digital: el diseño queda registrado y puede modificarse sin repetir todo el proceso[2–4].

El estudio tiene limitaciones. Se hizo en un solo centro, con un cuestionario elaborado por los propios autores y sin validación formal, en el que los pacientes opinan sobre un tratamiento que ya recibieron, lo que favorece el sesgo de deseabilidad y de recuerdo. El seguimiento fue corto. No se usaron cuestionarios validados de salud del pie como el FHSQ[9] o el índice de función del pie[10], ni mediciones instrumentales, y no se aplicaron pruebas inferenciales, por lo que no es posible atribuir las mejoras a la plantilla en sentido causal. La información de las fichas depende de cómo la registró cada profesional.

Los próximos estudios deberían incorporar un grupo de comparación o, al menos, mediciones antes y después del uso, con escalas de dolor y cuestionarios validados, y complementarlas con baropodometría u otra medición objetiva. Con estos datos se podrían definir indicaciones y protocolos de seguimiento propios del medio local.

Conclusiones

Los adultos atendidos en el centro refirieron, en su mayoría, menos dolor, mayor estabilidad y mejor marcha con plantillas 3D personalizadas, con buena adherencia, buena tolerancia y alta satisfacción. Las molestias iniciales fueron leves y se resolvieron con ajustes menores. Estos hallazgos respaldan sostener el uso de las plantillas en el centro con un control temprano a las dos semanas, y justifican estudios con diseños comparativos y mediciones objetivas.

Agradecimientos

Al Centro Integral de Especialidades Podológicas y a sus licenciadas, por abrir sus instalaciones y compartir los casos clínicos. Este artículo deriva del trabajo de grado de la primera autora, realizado en la Carrera de Podología de la Universidad Autónoma del Paraguay bajo la tutoría de la Prof. Lic. Rebeca Sanabria y la tutoría metodológica de la Prof. MSc. Agustina Ada Díaz.

Contribución de los autores. GBVS: concepción y diseño, recolección y análisis de los datos y redacción del trabajo original. MI: adaptación del trabajo al formato de artículo científico y revisión crítica del manuscrito. Ambos autores aprobaron la versión final.

Financiamiento. Sin financiamiento externo.

Conflicto de intereses. Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Disponibilidad de datos. Los datos anonimizados están disponibles a solicitud razonable al autor de correspondencia.

Referencias

1. Landorf KB, Keenan AM, Herbert RD. Effectiveness of foot orthoses to treat plantar fasciitis: a randomized trial. Arch Intern Med. 2006;166(12):1305-10.
2. Telfer S, Pallari J, Munguia J, Dalgarno K, McGeough M, Woodburn J. Embracing additive manufacture: implications for foot and ankle orthosis design. BMC Musculoskelet Disord. 2012;13:84.
3. Telfer S, Gibson KS, Hennessy K, Steultjens MP, Woodburn J. Computer-aided design of customized foot orthoses: reproducibility and effect of method used to obtain foot shape. Arch Phys Med Rehabil. 2012;93(5):863-70.
4. Dombroski CE, Balsdon MER, Froats A. The use of a low cost 3D scanning and printing tool in the manufacture of custom-made foot orthoses: a preliminary study. BMC Res Notes. 2014;7:443.
5. Daryabor A, Kobayashi T, Saeedi H, Lyons SM, Maeda N, Naimi SS. Effect of 3D printed insoles for people with flatfeet: a systematic review. Assist Technol. 2023;35(2):169-79.
6. Shaikh S, Jamdade B, Chanda A. Effects of customized 3D-printed insoles in patients with foot-related musculoskeletal ailments: a survey-based study. Prosthesis. 2023;5(2):550-61.
7. World Medical Association. World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. JAMA. 2013;310(20):2191-4.
8. Hicks JH. The mechanics of the foot. II. The plantar aponeurosis and the arch. J Anat. 1954;88(1):25-30.
9. Bennett PJ, Patterson C, Wearing S, Baglioni T. Development and validation of a questionnaire designed to measure foot-health status. J Am Podiatr Med Assoc. 1998;88(9):419-28.
10. Budiman-Mak E, Conrad KJ, Roach KE. The Foot Function Index: a measure of foot pain and disability. J Clin Epidemiol. 1991;44(6):561-70.