

# Parametrización de datos biomecánicos y psicosociales para la definición de restricciones de diseño en dispositivos de asistencia de marcha

Integración de la ciencia de datos y el diseño en ingeniería  
EIU24016

**WORKSHOP DE  
INVESTIGACIÓN**

**2do Workshop de  
Investigación del  
Centro ESenCIA**



**viu**

**Universidad  
Internacional  
de Valencia**

Mary J. Vergara , José A. Alvarado-Contreras, Sebastian E. Provenzano, Maria A. Parra-Rizo, Juan M. Romero-Lorenzo  
Maria Virginia Candal P, Orlando J Pelliccioni M, Francklin Rivas E, José Segnini M.

iBIO, Valencian International University (VIU), Valencia, Spain

De:  
 Planeta Formación y Universidades

# Contenido

1. Contexto
2. Brecha de interés
3. Arquitectura del Framework X-Y-Z
4. Motor de triangulación → tres clústeres diagnósticos
5. Verificación
6. Conclusión

## Avances

Integración de la ciencia de datos y el diseño en ingeniería con aplicación a dispositivos de rehabilitación en adultos mayores

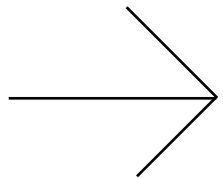


## El problema: ¿por qué abandonan los dispositivos de asistencia?

Los dispositivos de asistencia (productos de apoyo) prescritos son abandonados

**30–50%**

*Phillips & Zhao (1993) · Sugawara et al. (2018)*



El fracaso no es técnico → es metodológico. Los silos entre biomecánica clínica y ciencias sociales generan soluciones incompletas que el usuario acaba rechazando.

### El rango varía según dispositivo y contexto:

#### Dispositivos de movilidad

*frecuentemente abandonados*

**~30–50%**

#### Audífonos

*Frontiers Digital Health, 2025*

**hasta 78%**

#### Rehabilitación visual

*a 3 meses de seguimiento*

**solo 17%**

#### Universidad de Colorado Anschutz + Pininfarina (2025): encuesta n=3.300

'Es todo sobre el estigma. Me hace sentir viejo.' El 50% que necesita un andador lo rechaza. Costos por caídas: \$80 mil millones anuales en Medicare.

Tomado de: <https://www.cpr.org/2025/10/27/aging-matters-colorado-sexy-walker/>

Comenzar la producción en 2027.

# La brecha: el vacío epistemológico de un espacio de diseño fragmentado

El estado actual del campo descansa en tres bloques aislados:  
biomecánica, percepción del usuario y datos de mercado.

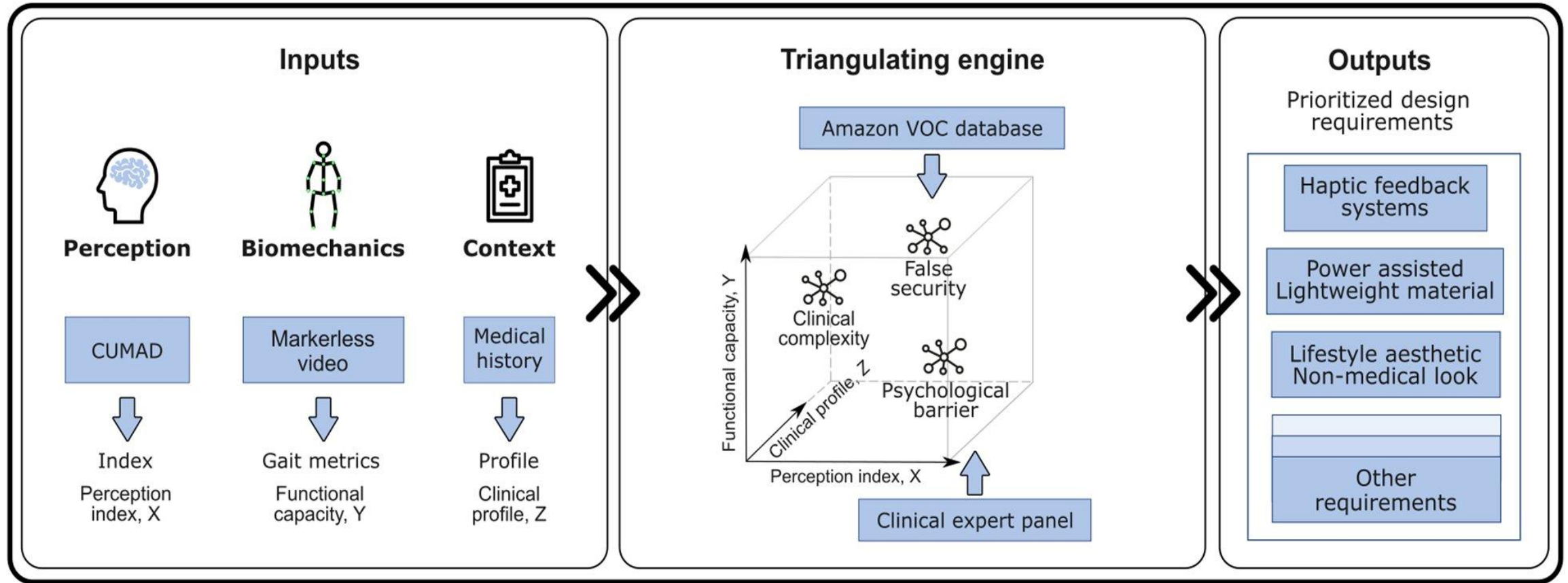
El problema es que estos dominios operan como silos  
desconectados entre sí, lo que produce dispositivos técnicamente  
precisos, pero socialmente rechazados.

***Nuestro trabajo propone un marco de triangulación calibrado  
que integra estos tres dominios de forma concurrente***



# Arquitectura del Framework X-Y-Z

*Motor de triangulación: tres vectores de entrada → clústeres diagnósticos → requisitos de diseño priorizados*



**INPUTS**

*X · Y · Z normalizados*

**ENGINE**

*Cubo 3D + calibración externa*

**OUTPUTS**

*Requisitos de diseño priorizados*

# Los tres vectores de entrada

Cada eje digitaliza una dimensión diferente del usuario — combinados forman su huella tridimensional única

## EJE X

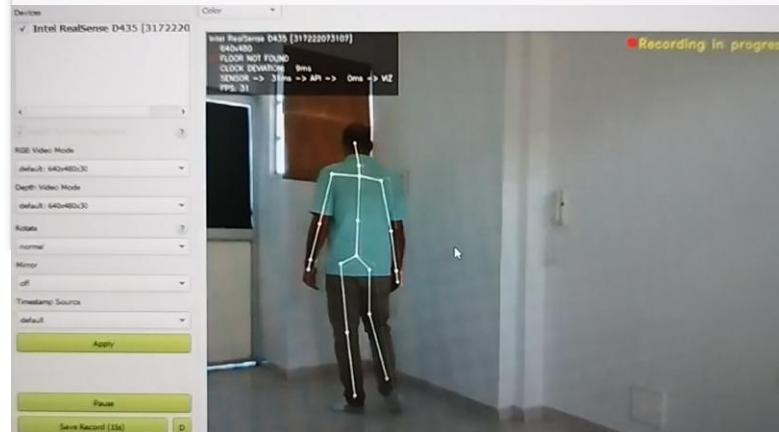
### Percepción (Subjetivo)

- CUMAD -cuestionario propio (Likert 5 pts)
- QUEST 2.0 - satisfacción AT (Likert 5 pts)
- Mapa de Empatía - 4 dimensiones narrativas
- Entrevista profundidad - causalidad emocional
- ★ NO-USUARIOS - estigma preclínico
- VOC / Amazon — inteligencia de mercado

## EJE Y

### Biomecánica (Objetivo)

- Depth sensors: RealSense D435/NUITRACK
- Cadencia y velocidad de marcha
- Análisis sway / equilibrio postural
- ⚠ Tobillo. Oclusión

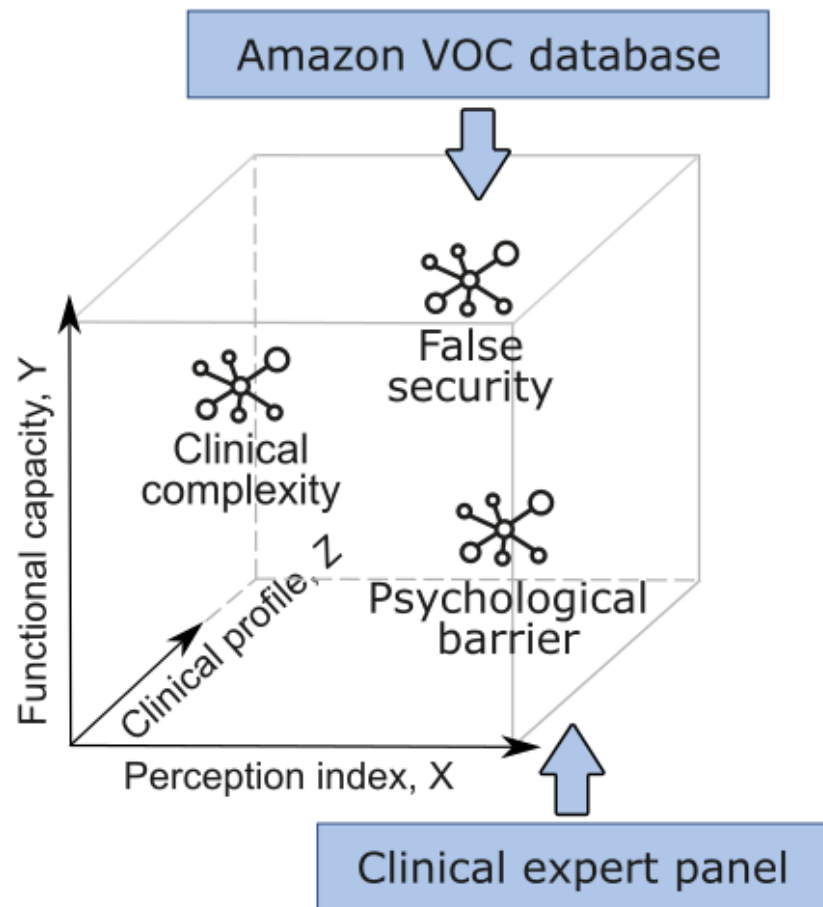


## EJE Z

### Contexto Clínico (Estructural)

- Historia clínica estructurada
- Entrevista: Clínico-Funcional, Clínico-Sistémico, Técnico-Ingenieril, Perspectiva Integral y Psicosocial y Ambiental.
- Medida de Independencia Funcional
- Registro farmacológico activo

## El motor de triangulación “el núcleo de decisión”



### **Función.**

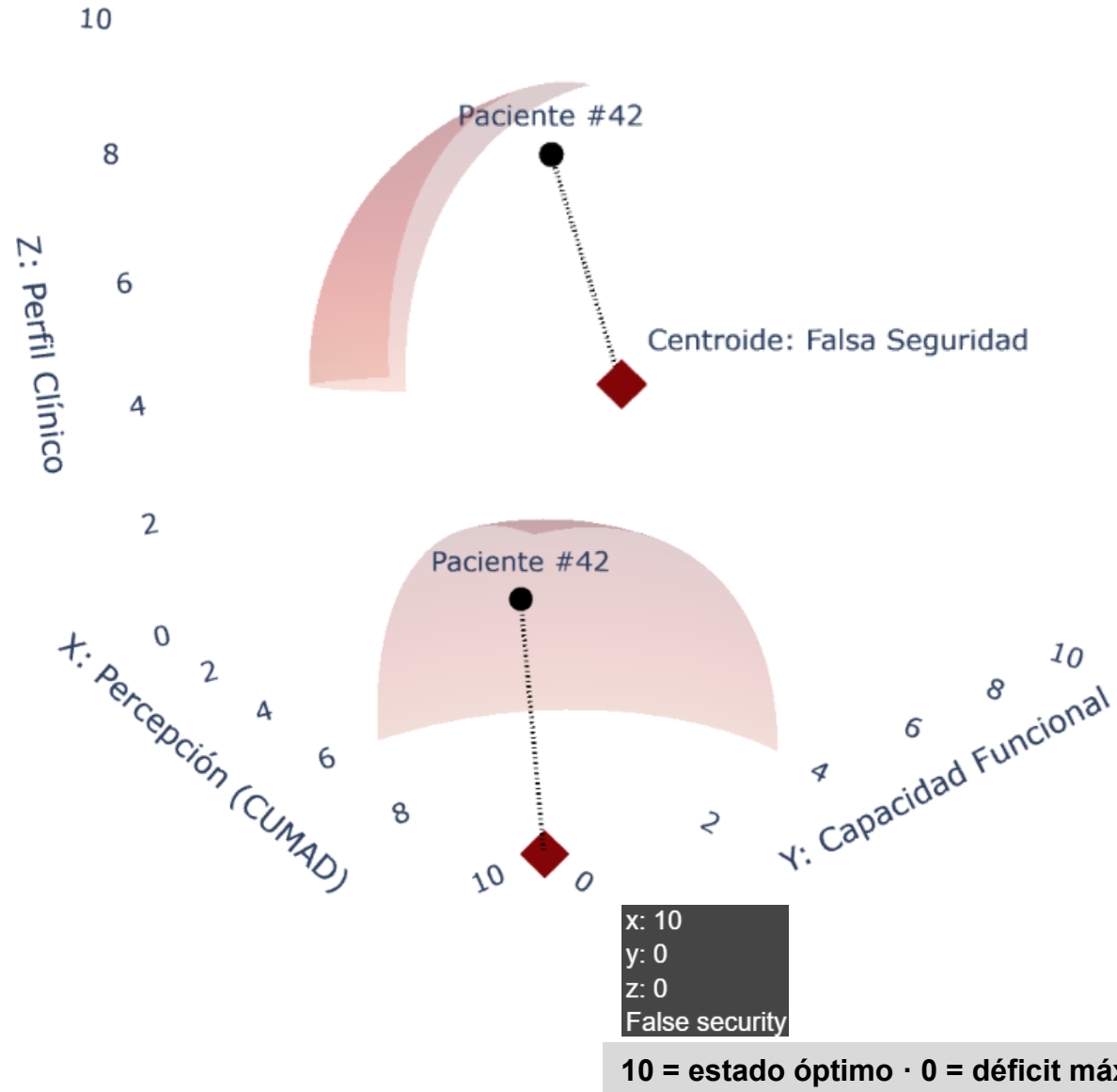
Posicionar al usuario como un vector único dentro de un espacio de diseño tridimensional acotado y calibrado.

**Proceso de vectorización** normaliza los datos heterogéneos de entrada en índices escalares X, Y, Z que definen las coordenadas del sujeto en ese espacio.

### **Fuerzas de calibración externa.**

- La primera es la validación de mercado mediante la voz del cliente: integra minería de datos sobre reseñas de Amazon para distinguir los fallos industriales sistémicos de las limitaciones individuales del usuario.
- La segunda es la validación clínica: un panel multidisciplinar establece los umbrales de seguridad necesarios para evitar que las soluciones de ingeniería resulten contraproducentes.

# Clústeres diagnósticos: identificación de la causa raíz del fallo

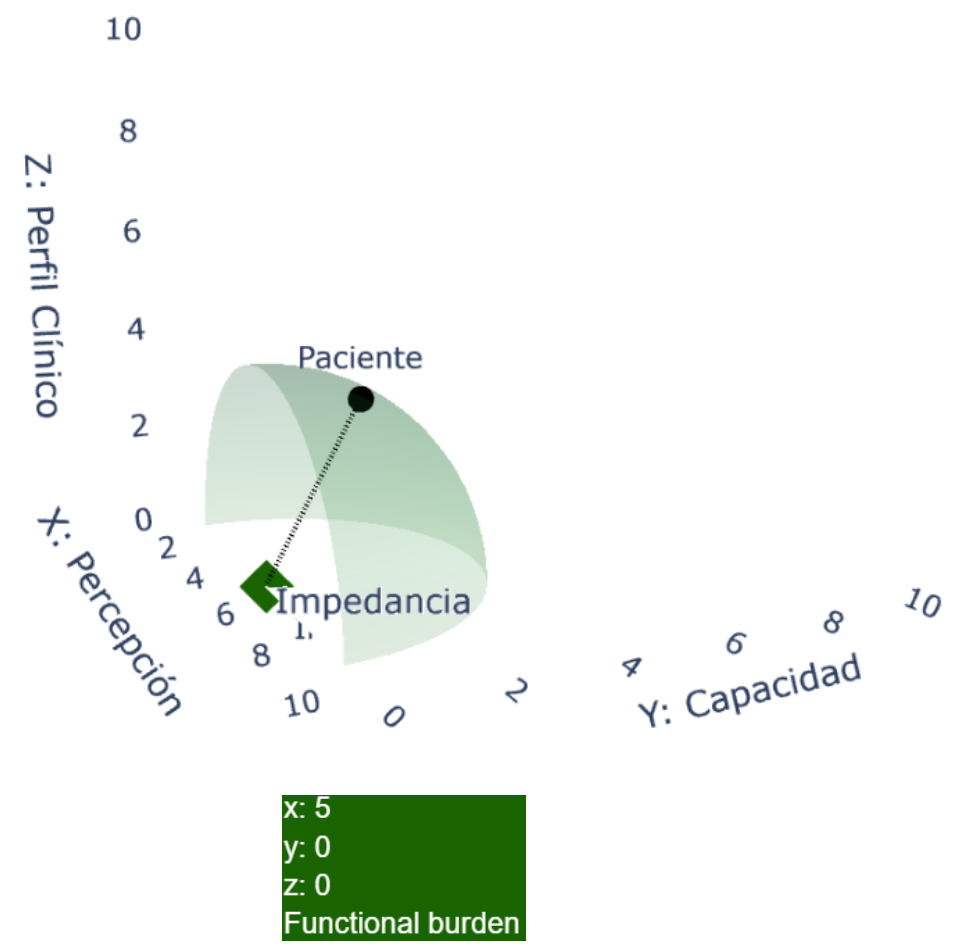


**Función:** posiciona al usuario como un vector único dentro de un espacio de diseño tridimensional acotado y calibrado.

**Vectorización:** normaliza los datos heterogéneos de entrada en índices escalares X, Y, Z para definir las coordenadas precisas del sujeto.

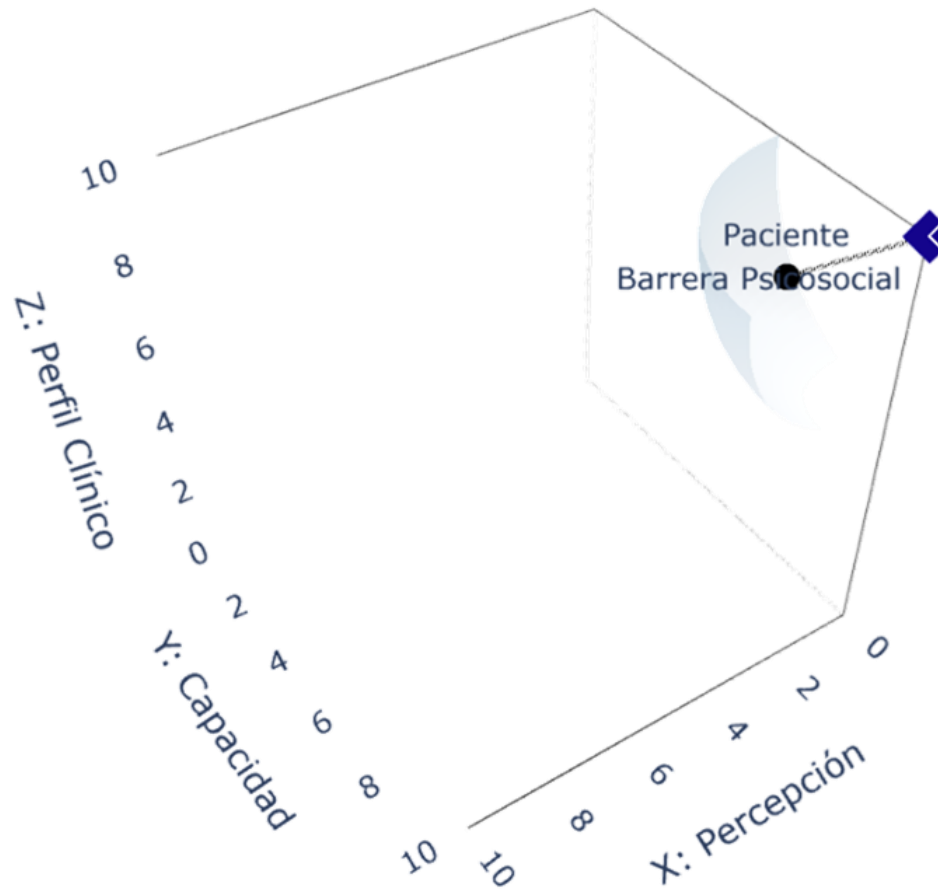
**Fenotipo de precisión.** La intersección de coordenadas dentro del espacio tridimensional calibrado reemplaza el diagnóstico binario por tres modos de fallo específicos.

**Falsa seguridad:** se caracteriza por una percepción alta (X) frente a una capacidad baja (Y); el usuario se siente subjetivamente estable a pesar de que el análisis markerless revela una cinemática insegura o un balanceo excesivo



## Carga funcional.

Ocurre cuando el dispositivo actúa como una "impedancia biomecánica", provocando que las métricas de marcha (Y) se degraden o muestren un esfuerzo físico y metabólico significativo en comparación con la marcha sin asistencia.



## Para las barreras psicológicas.

Adopción de una estética orientada al estilo de vida y de carácter no médico, desplazando el lenguaje de diseño de "ayuda clínica" a "accesorio de movilidad".

# Motor de triangulación → tres clústeres diagnósticos

## Outputs

Prioritized design requirements

Haptic feedback systems

Power assisted  
Lightweight material

Lifestyle aesthetic  
Non-medical look

Other requirements

### A | FALSA SEGURIDAD

#### Condición:

*X alto · Y bajo · Z confirma neuropatía*

#### Requisito de diseño

Sistemas de retroalimentación háptica

El usuario sobreestima su capacidad. Los nervios no transmiten inestabilidad real. El dispositivo crea un canal sensorial alternativo: vibración en empuñadura como sustitución propioceptiva.

### B | CARGA FUNCIONAL

#### Condición:

*Y con dispositivo < Y sin dispositivo*

#### Requisito de diseño

Materiales Ultraligeros / Motorización

El dispositivo fatiga más de lo que asiste. El esfuerzo para vencer su inercia supera el beneficio de estabilidad. Prescripción: materiales alta relación resistencia-peso o actuadores inteligentes.

### C | BARRERA PSICOLÓGICA

#### Condición:

*Y alto · X bajo · alimentado por no-usuarios*

#### Requisito de diseño

Estética de estilo de vida / apariencia no médica

Capacidad funcional óptima pero rechazo por estigma. Fallo semiótico, no mecánico. Validado en mercado: Zeal Lifestyle (UK) y CU Anschutz + Pininfarina (2025) responden exactamente a este clúster.

# Verificación | limitación del Eje Y: el tobillo

## ✓ EVIDENCIAS

### Parámetros espaciotemporales:

Coeficiente de Correlación Intraclase → 0.81–0.98  
(bueno - excelente)  
Velocidad · cadencia · longitud de paso

### Cadera y rodilla (plano sagital):

Concordancia moderada-excelente  
vs. sistema de captura de movimiento con marcadores  
reflectantes

*Scataglini et al., Sensors, 2024*  
*22 estudios · meta análisis PRISMA*

## ⚠ LIMITACIÓN

### **TOBILLO: baja validez concurrente y fiabilidad**

Resultados no aceptables para uso clínico  
Escaso acuerdo en planos frontal y transversal → dos  
cámaras

### Impacto en el framework:

El tobillo es predictor primario de riesgo de caída en  
geriátrica → compromete el diagnóstico del Clúster A  
(Falsa Seguridad) → seguir CG y ángulos.

*PeerJ CS (2026) · MDPI Medicina (2026)*  
*Gait & Posture (2025)*

## **CORRECCIÓN AL PROTOCOLO?? → DOS CAMARAS??**

Añadir plataformas de presión y/o IMUs como herramienta complementaria del Eje Y cuando el perfil clínico (Z) incluya neuropatía, diagnóstico neurodegenerativo.

# Verificación | el estigma como barrera real

✓ **Malden et al. (JMIR Aging, Nov 2025) — 95 estudios (2011–2024):**

10 barreras persistentes: estigma, privacidad, coste, usabilidad. 3 facilitadores clave: conciencia de beneficios, formación y diseño centrado en usuario.

## Literatura científica 2024–2025

**Sierra M. et al. (Frontiers Robotics AI, 2024):**

Barreras culturales y familiaridad limitada con tecnología robótica.

**Scientific Reports (2025) | Kano-AHP-FCE:**

La investigación actual ignora las necesidades emocionales del adulto mayor.

**MADE | Dos Santos et al. (2024):**

Estética = tan crítica como la función.

## Evidencia del mercado 2025–2026

**Zeal Lifestyle (UK, 2025):**

'Eliminar el estigma de usar andadores.'  
Diseño modular, colores premium, materiales lifestyle.

**CU Anschutz + Pininfarina (Oct 2025):**

'The Sexy Walker' | estética aeronáutica, cuadro en carbono. Validación directa del Clúster C.

**Implicación:** La inclusión de no-usuarios en el Eje X captura el estigma ANTES de que surja la necesidad física. → No se encontró en la literatura revisada

# | ¿Qué es nuevo?

## LO QUE YA EXISTE

### Triangulación metodológica

*Denzin (1970) · Jick (1979)*

### Métodos mixtos en salud

*Creswell & Plano Clark (2018)*

### VOC Amazon para diseño AT

*Schmucker et al. (2025)*

### Captura de movimiento sin marcadores validada ?

*Scataglini et al. (2024)*

### Design Thinking para andadores

*MADE / Dos Santos (2024)*

### Satisfacción AT - QUEST 2.0

*Demers et al. (2002)*

## LO NUEVO

### 1 No-usuarios como fuente activa del Eje X

Captura estigma pre-clínico. No documentado en la revisión realizada hasta el momento

### 2 Markerless integrado en framework de requisitos

Existente para diagnóstico | no para generar requisitos de ingeniería priorizadas causalmente.

### 3 Cubo X-Y-Z con clústeres diagnósticos jerárquicos

Salidas directas: háptica / materiales ligeros / estética no médica. Espacio de decisión unificado.

### 4 Integración concurrente VOC + biomecánica + percepción

Alhasani (2023) e Ishaq (2025): ningún estudio previo hace esto en dispositivos de marcha.

# Conclusión

El Framework X-Y-Z  
reinventa de los  
instrumentos integración

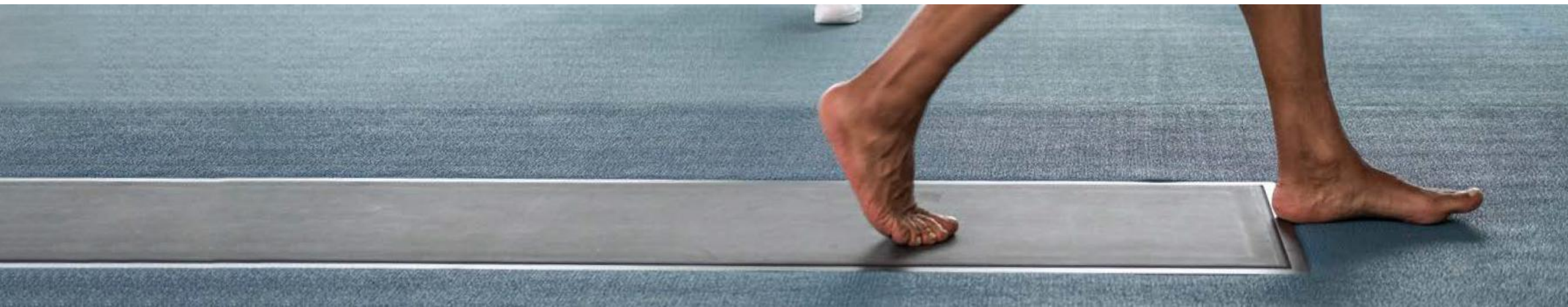
Tasas de abandono 30–50% confirman el problema |  
varían por tipo y contexto de prescripción.

Limitación tobillo en markerless | 2 cámaras

Estigma como barrera sólidamente respaldada (Malden  
et al., 2025; 95 estudios) | Mercado intenta resolver  
(Zeal, CU + Pininfarina)

Integración concurrente VOC + biomecánica +  
percepción | Contribución marcha

**Futuro:** Arquitecturas modulares que acompañen la  
trayectoria terapéutica del paciente.



En un campo donde el mayor problema no es la ingeniería sino el estigma y la metodología de diseño, este framework ofrece una alternativa sistemática, trazable y basada en evidencia convergente

## Preguntas

