

Introducción

La metodología comúnmente utilizada en el análisis de la marcha humana son los sistemas de captura de movimiento basados en la detección de marcadores (MOCAP). Una alternativa de bajo costo es la estimación de la postura humana (HPE) mediante el uso de equipamiento genérico (smartphones, tablets, webcams, etc.), sin la necesidad de marcadores. La HPE se basa en algoritmos de visión por computadora para caracterizar mediante un grafo la postura del cuerpo humano presente en una fotografía o fotograma de video. Ha mostrado buenos resultados para estimar parámetros cinemáticos en 3D con videos adquiridos por smartphones [1]. Si bien existen diversas estrategias de calibración, a priori no es evidente cuál de ellas es mejor. Este trabajo tiene como objetivo explorar diferentes estrategias de calibración y su impacto en el desempeño de un sistema de HPE.

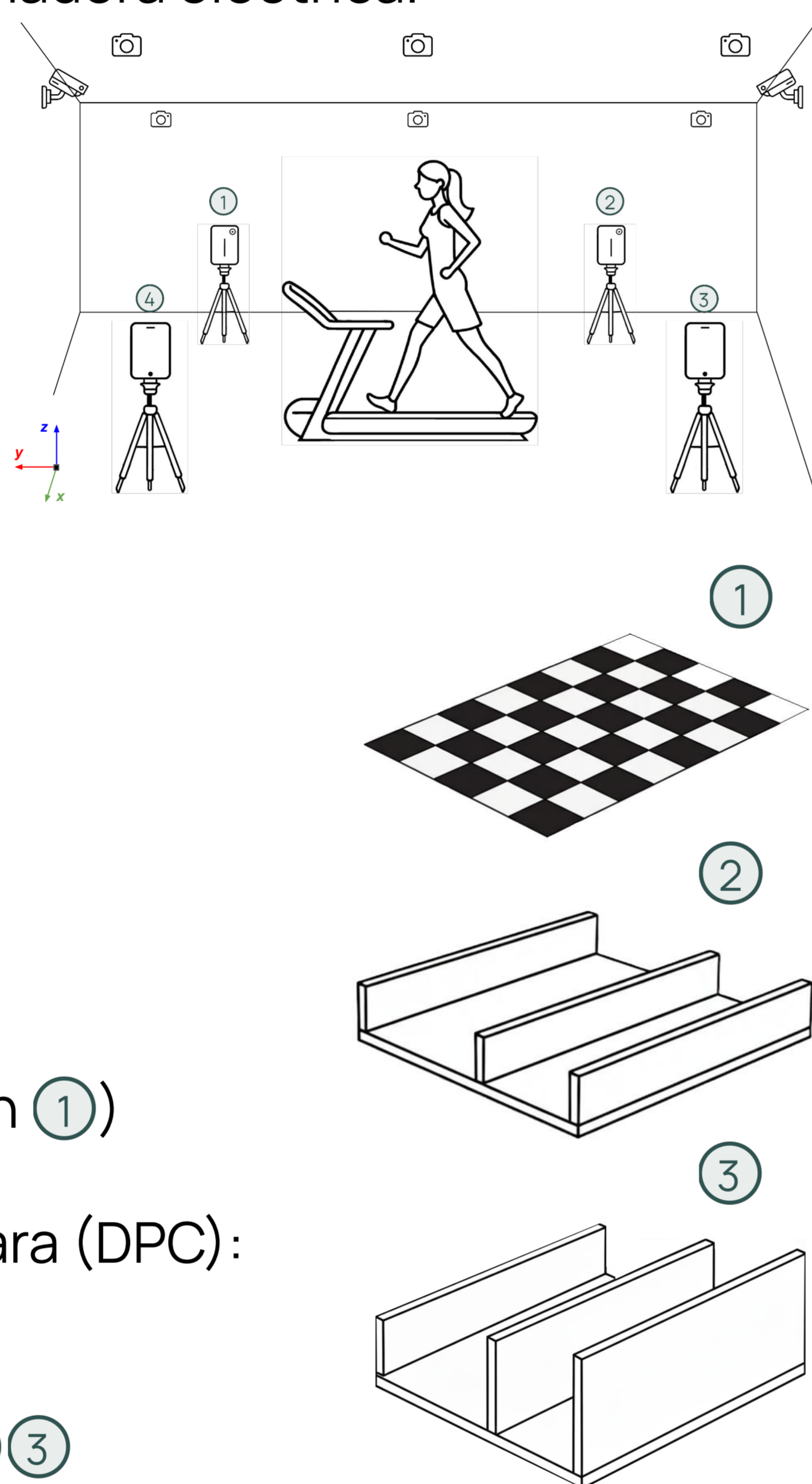
Materiales y metodología

Protocolo experimental

- 1 adulto joven sin patologías.
- Marcha a 1.67 m/s en cinta caminadora eléctrica.

Equipamiento y distribución

- MOCAP
 - ↳ 8 cámaras Vicon (60 Hz).
 - ↳ 16 marcadores [2].
- HPE
 - ↳ 4 Iphone SE (60 Hz).
 - ↳ 16 keypoints.
 - ↳ 2 configuraciones:
 - ↳ H1
 - 4 smartphones a 1.5m.
 - ↳ H2
 - Smartphone 1 y 2: 1.5m.
 - Smartphone 3: 1.0m.
 - Smartphone 4: 0.75m.



Calibración

- Intrínseca (Patrón de calibración ①)
 - ↳ # cuadros: 25, 50, 100 y 200.
 - ↳ Distancia entre patrón y cámara (DPC): 1.5, 3.0, 4.5 m y combinación.
- Extrínseca
 - ↳ Patrones de calibración ①②③

Métricas de error

Sea N_F la cantidad de cuadros, N_J la cantidad de articulaciones, $\hat{p}_{f,j}$ la postura de cuerpo humano dada por el sistema HPE y $p_{f,j}$ la postura de cuerpo humano dada por el sistema MOCAP.

$$\rightarrow \text{MPJPE} = \frac{1}{N_F} \frac{1}{N_J} \sum_{f=1}^{N_F} \sum_{j=1}^{N_J} \|\hat{p}_{f,j} - p_{f,j}\|_2$$

$$\rightarrow \text{PCK}(\tau) = \frac{100}{N_F N_J} \sum_{f=1}^{N_F} \sum_{j=1}^{N_J} \mathbf{I}_\tau(\hat{p}_{f,j}, p_{f,j}),$$

$$\text{donde } \mathbf{I}_\tau(\hat{p}_{f,j}, p_{f,j}) = \begin{cases} 1, & \text{si } \|\hat{p}_{f,j} - p_{f,j}\|_2 \leq \tau, \\ 0, & \text{en otro caso.} \end{cases}$$

$$\rightarrow \text{PCK}_{dim}(\tau) = \frac{100}{N_F N_J} \sum_{f=1}^{N_F} \sum_{j=1}^{N_J} \mathbf{D}_\tau(\hat{p}_{f,j}, p_{f,j}),$$

$$\text{donde } \mathbf{D}_\tau(\hat{p}_{f,j}, p_{f,j}) = \begin{cases} 1, & \text{si } \left| \hat{p}_{f,j}^{(dim)} - p_{f,j}^{(dim)} \right| \leq \tau \text{ con } dim \in \{x, y, z\} \\ 0, & \text{en otro caso.} \end{cases}$$

$$\rightarrow \frac{\tau^*}{\text{PCK}(\tau^*)} \geq 90\%$$

Resultados y discusión

En la Fig. 1., H1 muestra mejor performance que H2, aunque las tendencias de las métricas son similares frente a diferentes patrones de calibración extrínseca y parámetros de calibración intrínseca.

Se puede observar que la calibración extrínseca arroja los mejores resultados con el calibrador ①, tanto en H1 como en H2. En cuanto a la calibración intrínseca, los mejores resultados se dan cuando se incluye el calibrador ① a 1.5m. En esta condición, el # cuadros, no muestra influencia sobre las métricas.

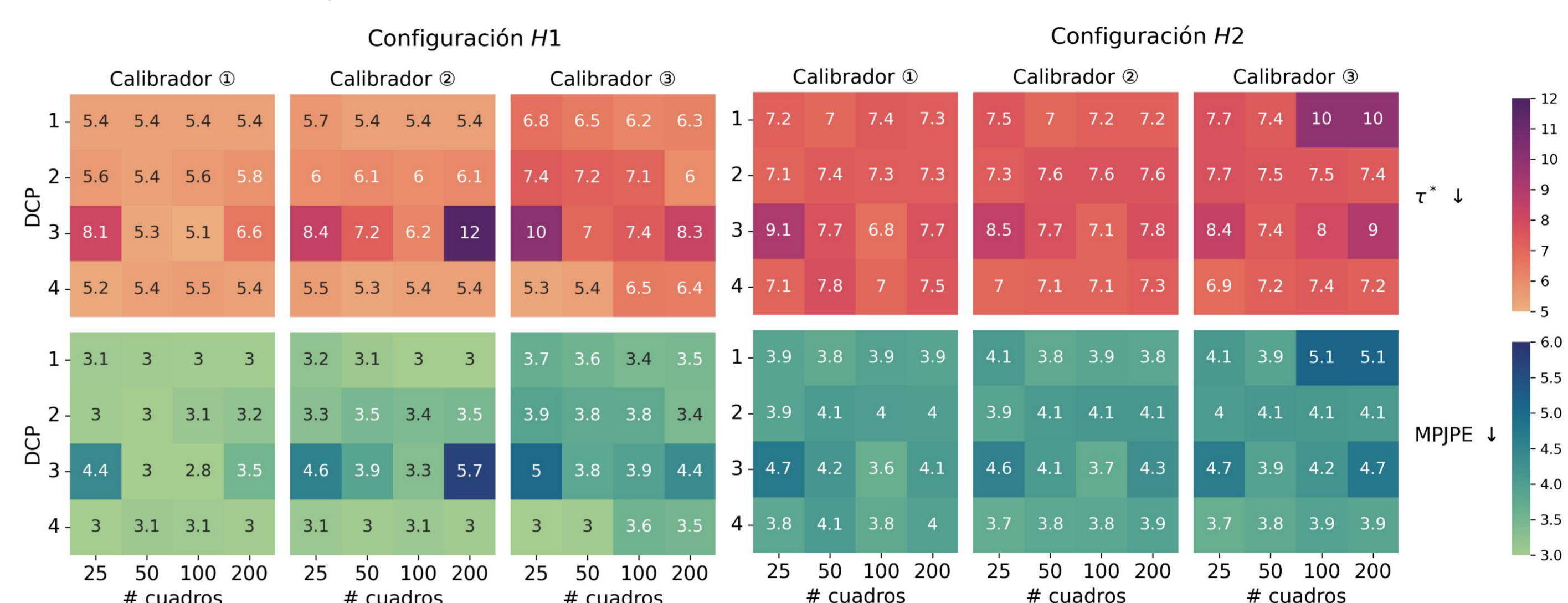


Fig. 1. Mapas de calor de las métricas para las configuraciones H1 y H2. Para cada configuración se evalúan 3 calibradores, y en cada uno se modifican dos condiciones que determinan la calibración intrínseca (DCP y # de cuadros).

Como puede observarse en la Fig. 2., la coordenada x se ve afectada en mayor medida por el cambio de configuraciones, principalmente en los marcadores del pie. En el caso de la coordenada y aparecen mejoras menores en los marcadores del pie utilizando H1. Para la coordenada z no se observan grandes modificaciones entre las configuraciones H1 y H2, descartando el marcador del quinto dedo del pie derecho.

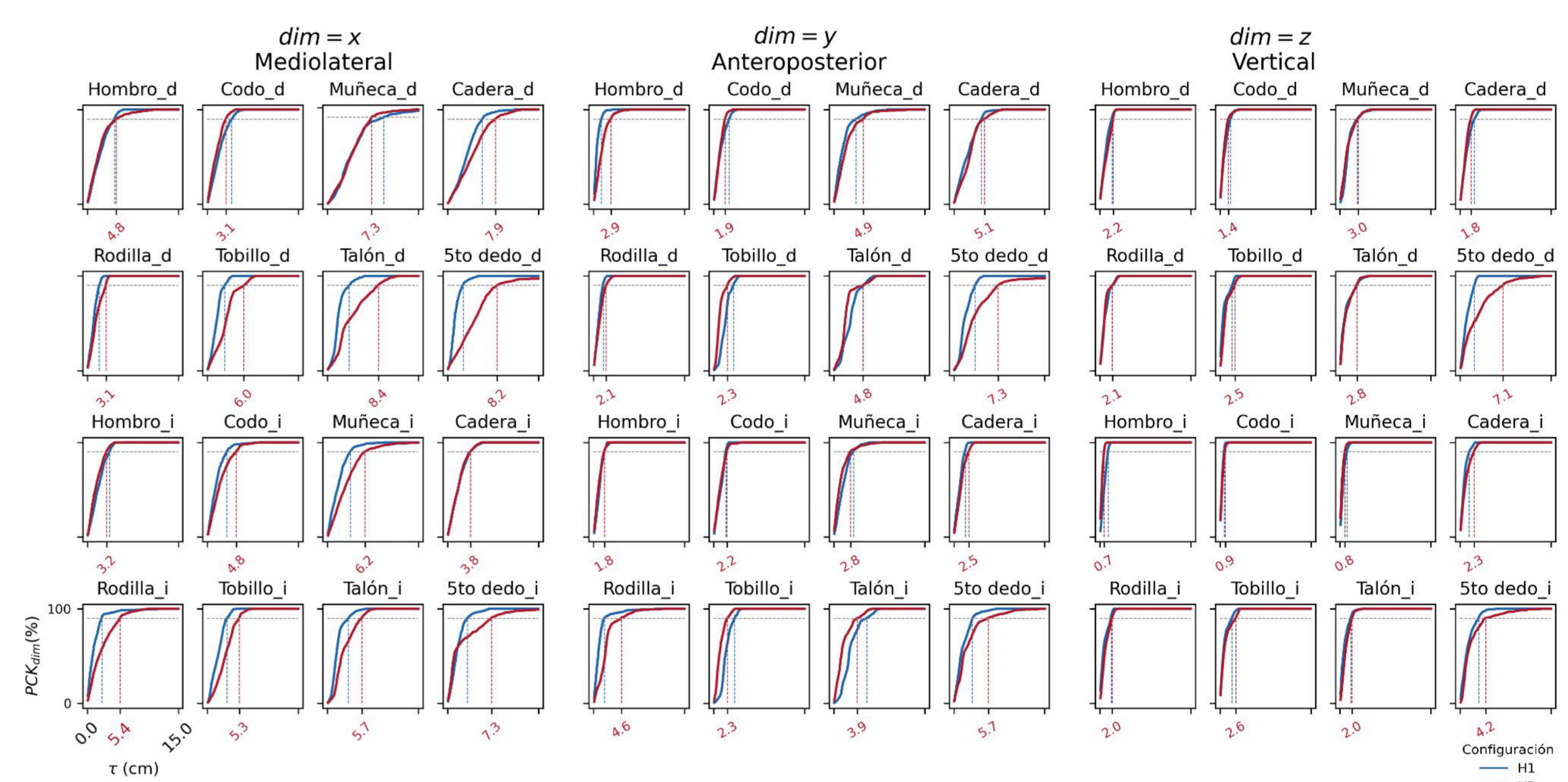


Fig. 2. $\text{PCK}_{dim}(\tau)$ para las coordenadas x, y y z de cada marcador en las configuraciones H1 y H2. La línea horizontal punteada indica $\text{PCK}_{dim} = 90\%$, mientras que la línea vertical punteada muestra el umbral al que se alcanza $\text{PCK}_{dim} = 90\%$ (τ^*) para cada configuración.

Conclusiones y trabajo futuro

- El procedimiento de calibración impacta de forma notable en la calidad de la reconstrucción 3D del sistema HPE.
- Para los experimentos realizados, el tipo de calibrador parece tener mayor impacto que la configuración. DPC es más determinante de la calidad de reconstrucción 3D que el # cuadros.
- Partiendo de los mejores procedimientos de calibración, explorar configuraciones alternativas de adquisición para mejorar aún más la performance del método de HPE en 3D.

Agradecimientos

Agencia Nacional de Investigación e Innovación por el apoyo económico, Departamento de Ingeniería Biológica y Laboratorio de Investigación en Biomecánica y Análisis del Movimiento por la infraestructura y soporte técnico.

Referencias

- [1] Pagnon et al. (2022). Sensors, 22(7), 2712.
 [2] Pavei et al. (2017). Frontiers Physiol, 8, 129.