

## Caracterización del miembro superior: proyecto Mov-Hum

Úrsula Martínez Iranzo,  
José Francisco Pedrero Sánchez,  
Enric Medina Ripoll,  
Juan López Pascual,  
Cristina García Bermell,  
Ignacio Bermejo Bosch

Instituto de Biomecánica (IBV). *Universitat Politècnica de València*. Edificio 9C. Camino de Vera s/n (46022) Valencia, España.

## INTRODUCCIÓN

El Instituto de Biomecánica (IBV) tiene una amplia experiencia investigadora en caracterización biomecánica, adquisición de señales biomecánicas y generación de criterios de diseño para productos con alta interacción con las personas. La madurez alcanzada en proyectos apoyados por IVACE en las últimas anualidades como AVBMUT (caracterización cinemática del cuerpo) o ESPARTAN (técnicas de registro de movimientos y fuerzas) han generado conocimiento sobre modelos biomecánicos y técnicas de registro. Estos resultados han propiciado el desarrollo del proyecto MOV-HUM, cuyo objetivo principal es la generación de herramientas que permitan obtener criterios de diseño de producto, en base a la investigación en modelos biomecánicos de miembro superior y raquis.

Los resultados del proyecto pueden aplicarse en un amplio espectro de sectores como el socio-sanitario, indumentaria, mueble, deporte y entretenimiento. En sectores como el mueble e indumentaria existe la necesidad de disponer de criterios y herramientas fiables para afrontar y validar los diseños de futuros productos. Campos como la Ergonomía, en el que el uso de exoesqueletos está en las líneas más vanguardistas de investigación, necesitan de modelos biomecánicos para su diseño. Otro de los ámbitos importantes de aplicación es el sector socio-sanitario, en el que los procedimientos para la caracterización biomecánica pueden ser de gran utilidad para

el cribado y gestión de procesos asistenciales, suponiendo una mejora en la gestión de recursos y en la calidad asistencial o, incluso, pueden suponer una ayuda a la toma de decisiones con mayor objetividad y fiabilidad en patologías de miembro superior y raquis.

A partir de todo el conocimiento y los campos de aplicación en los que se pueden aplicar las herramientas desarrolladas se han definido una serie de objetivos principales en el desarrollo del proyecto:

- Definición de modelos biomecánicos.
- Definición de aplicaciones industriales con potencial de uso de los modelos desarrollados.
- Conocimiento de los aspectos funcionales de los productos a analizar y definición de las interacciones con los modelos biomecánicos.
- Avance en el conocimiento de la caracterización y modelización biomecánica de miembro superior y raquis.
- Investigación sobre métodos analíticos para el análisis de funciones biomecánicas de miembro superior y raquis.
- Investigación de métodos analíticos para el análisis de funciones biomecánicas de miembro superior y raquis.
- Validación de modelos biomecánicos para el diseño y desarrollo de producto.
- Generación de criterios de diseño de producto a partir de modelos biomecánicos.

## RESULTADOS

Las tareas desarrolladas a lo largo de la anualidad 2018 han sido:

- **Identificación de las necesidades:** se han estudiado los diferentes métodos de caracterización de miembro superior desde un punto de vista de caracterización mecánica, fisiológica y antropométrica. Por otro lado, se ha realizado una revisión de los modelos biomecánicos de miembro superior y sus posibles aplicaciones en la industria, además, se han identificado las necesidades de los sectores de interés, fruto de la colaboración realizada con empresas de la Comunidad Valenciana, para definir las características de los modelos en función de dichas necesidades.
- **Puesta punto de procedimientos de medida:** se ha desarrollado un sistema “ad hoc” para la caracterización de la fuerza en miembro superior de manera sincronizada

con la obtención de la cinemática del miembro superior, así como con la actividad muscular mediante sistemas de electromiografía. Para ello se ha realizado una adaptación de la tecnología del sistema WASS/IBV. El sistema desarrollado permite la medida electrónica de la fuerza de agarre con envío de datos de forma inalámbrica al ordenador de registro. Incluye también una unidad inercial tipo (MEMS) que permite registrar la posición respecto a la vertical y su desplazamiento en el espacio (Figura 1). Además, se han desarrollado los algoritmos que caracterizan el movimiento del brazo para la obtención de los rangos de la articulación del codo. Todo esto funciona de forma sincronizada con la medición de la fuerza de empuñamiento y el registro de la actividad muscular, lo que permite caracterizar el movimiento del miembro superior de una forma no invasiva.

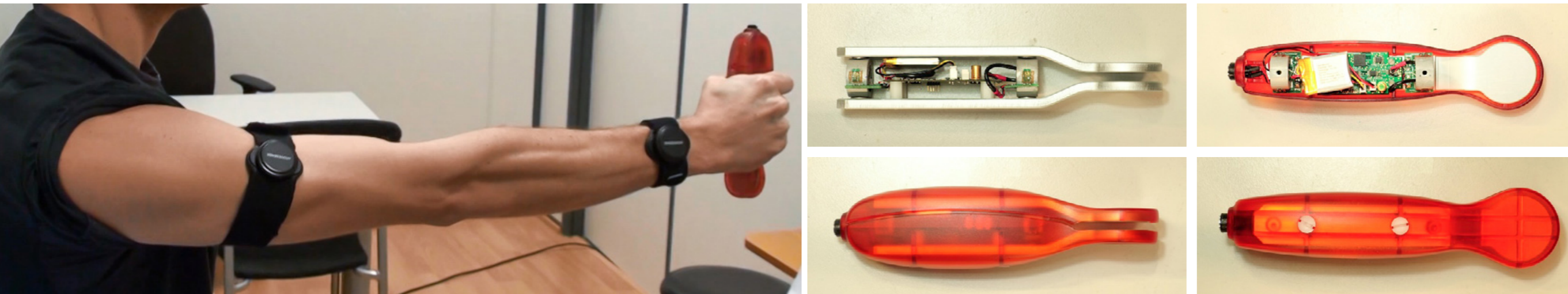
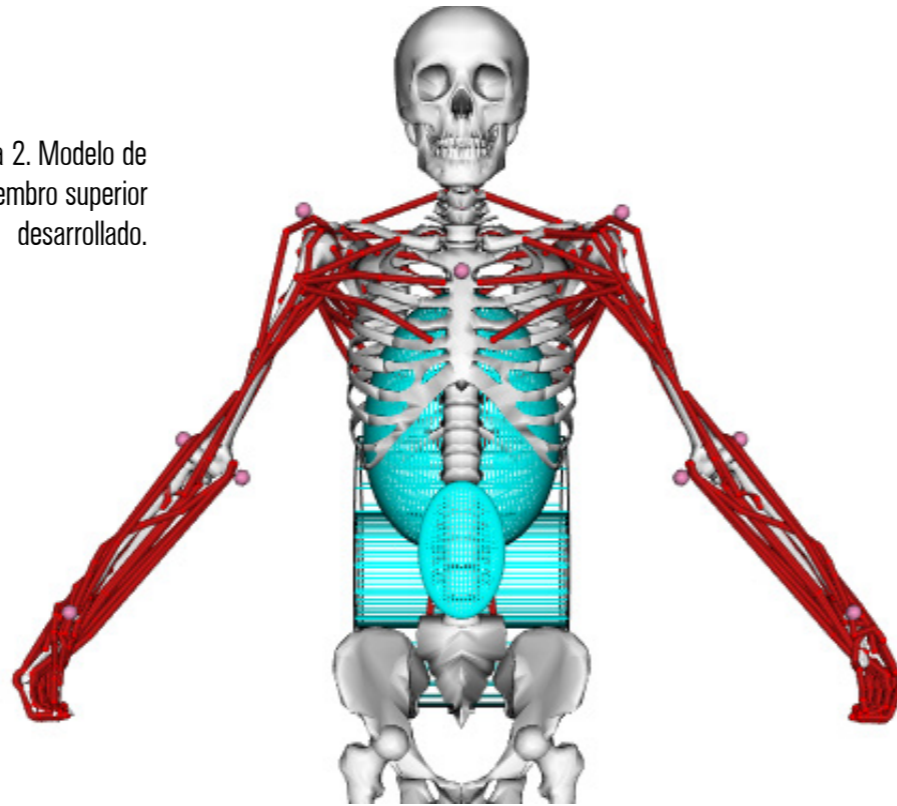


Figura 1. Sistema de registro de la fuerza de agarre.

Figura 2. Modelo de miembro superior desarrollado.



- **Caracterización biomecánica del miembro superior:** se ha definido un modelo biomecánico de miembro superior basado en modelos propuestos y validados por la ISB (*International Society of Biomechanics*). Este modelo posee 14 marcadores que permiten modelar las articulaciones de la pelvis, tronco, hombro, codo y muñeca a partir de sus 13 grados de libertad. A partir de este modelo se obtienen los modelos parciales de miembro superior (Figura 2) y raquis (Figura 3). El modelo de raquis desarrollado se compone de los segmentos de la zona torácica, pelvis, sacro y zona lumbar. La zona lumbar se encuentra completamente articulada, permitiendo un movimiento realista tanto en flexión como en inclinación. Por otro lado, el modelo de miembro superior permite contemplar la articulación del hombro, codo y muñeca. En concreto, se ha modelado la articulación húmero-cubital y la radio-cubital, además, se han implementado los

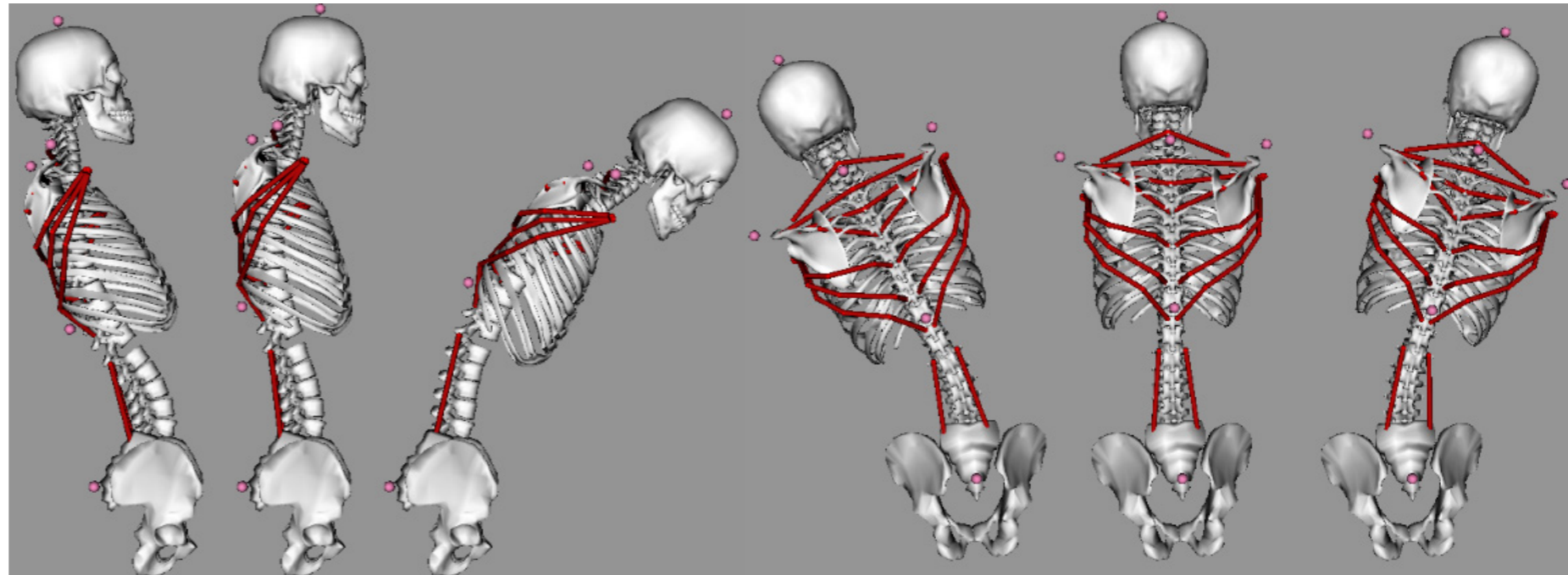


Figura 3. Modelo de raquis desarrollado.



principales músculos responsables tanto del movimiento de flexo-extensión de codo como de pronosupinación del brazo. Estos modelos desarrollados proporcionan una gran versatilidad, por lo que permiten adaptarse a todos los campos de aplicación de una forma sencilla.

- **Validación del modelo de codo:** se ha validado el uso del modelo biomecánico de codo a partir de estudios

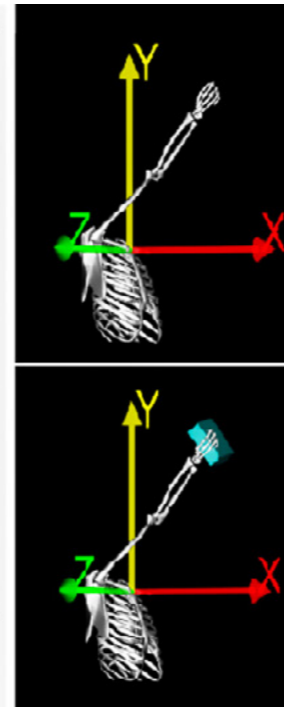
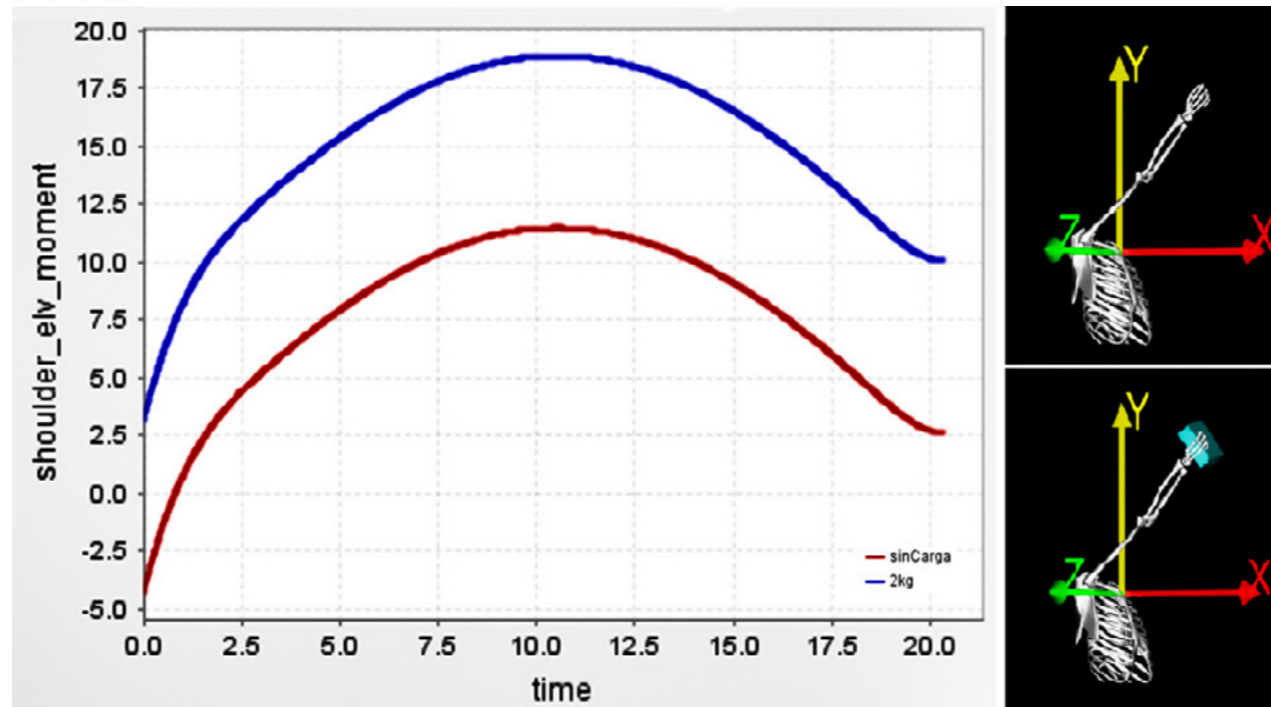


Figura 4. Datos obtenidos con la simulación en el modelo desarrollado.

exploratorios de simulación biomecánica para el estudio del comportamiento del modelo frente a diferentes cargas y tipos de movimiento. En concreto se han realizado tres estudios de validación:

- Estudio del efecto de la carga en el momento articular: se han adquirido registros de movimiento de codo con diferentes cargas y se ha calculado el momento articular mediante el modelo de miembro superior desarrollado. Los resultados muestran que no existe un comportamiento lineal en el momento articular de codo (Figura 4).
- Estudio del efecto de la carga en la cinemática del codo: se han realizado ensayos en los que participaron 20 sujetos divididos en dos grupos, sanos y con dolor de codo. Los registros adquiridos constaban de movimientos de flexo-extensión y pronosupinación de codo con diferentes pesos en la mano. A partir de los datos obtenidos se calcularon los rangos de movimiento, velocidades y aceleraciones miembro superior. El estudio mostró diferencias estadísticamente significativas para las variables velocidad y aceleración entre ambos grupos de sujetos (sanos y con dolor).
- Estudio de la fuerza de empuñamiento: se ha analizado el efecto de la posición del miembro superior en la generación de fuerza de empuñamiento, empleando el sistema de caracterización de fuerza desarrollado. En el estudio participaron 39 sujetos divididos en dos grupos, sanos y con dolor de codo. Se registraron medidas de fuerza de empuñamiento para obtención de la fuerza máxima en

dos condiciones: codo flexionado y codo en extensión. Los resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos de sujetos para la variable fuerza registrada mediante el dispositivo.

El proyecto ha permitido obtener un modelo biomecánico de codo, que junto con el dispositivo de medida de fuerza y los protocolos diseñados permiten caracterizar el comportamiento del miembro superior en diferentes situaciones.

## EMPRESAS Y ENTIDADES PARTICIPANTES

En el proyecto MOV-HUM han colaborado empresas de la Comunidad Valenciana tales como UMIVALE (Mutua Colaboradora de la Seguridad Social nº 15), Ibermutuamur (Mutua Colaboradora de la Seguridad Social nº 274), GOZNEL S.L, EMO, Especialidades Médico Ortopédicas S.L, FAURECIA INTERIOR SYSTEM SALC ESPAÑA S.L y Fisioterapia Gloval S.L. ■

Financiado por:



Nº expediente: IMDEEA/2018/89