

# Innovación biomecánica *en Europa*

# 10

Diciembre 2021

Revista en línea dirigida a las empresas de la Comunitat Valenciana



INSTITUTO DE  
BIOMECÁNICA  
DE VALENCIA

Revista creada en 2012 por el Instituto de Biomecánica (IBV).

Este número 10 es la edición en línea aparecida en febrero de 2022. Reúne todos los artículos con resultados de proyectos financiados dentro del Programa de Ayudas del IVACE a Centros Tecnológicos de la Comunitat Valenciana para el ejercicio 2021, dados a conocer a lo largo de 2021 en la web corporativa: [ibv.org](http://ibv.org).



El texto íntegro es propiedad del Instituto de Biomecánica (IBV). No puede reproducirse sin el previo permiso escrito del editor.



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons (Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional)

Edita:  
INSTITUTO DE BIOMECAÁNICA (IBV)  
Universitat Politècnica de València  
Edificio 9C – Camino de Vera s/n  
E-46022 VALENCIA (ESPAÑA)  
+34 961 111 170  
[ibv@ibv.org](mailto:ibv@ibv.org)  
[ibv.org](http://ibv.org)

ISSN 2530-3783



## proyectos

Programa de ayudas dirigidas a centros tecnológicos para el ejercicio 2021

### Relación de proyectos de I+D de carácter no económico realizados en cooperación con empresas

**IMDEEA/2021/20** RECBONE - Investigación en metodologías de reconstrucción articular y ósea.

**IMDEEA/2021/21** DIS2MED - Investigación y desarrollo en nuevas herramientas para el desarrollo de dispositivos y servicios médicos.

**IMDEEA/2021/23** CUSTOM\_DHM - Adaptación del modelo digital humano para su aplicación en el diseño de productos y aplicaciones digitales.

**IMDEEA/2021/24** H2030-INNOVACAL - Metodología innovadora para la evaluación y el diseño de calzado.

**IMDEEA/2021/26** 3DBODY-HUB - Desarrollo de herramientas para la gestión y uso de datos antropométricos para la innovación en el diseño de nuevos productos.

**IMDEEA/2021/28** BIOMECA4IA - Aplicaciones de la inteligencia artificial en el análisis biomecánico.

**IMDEEA/2021/29** CALORIAS - La respuesta térmica de las personas, aportando color al calor para la personalización de productos y tratamientos.

**IMDEEA/2021/30** EYESPORT - Aplicación de técnicas de análisis de imagen y de inteligencia artificial para la mejora de la salud y la eficiencia en el deporte.

**IMDEEA/2021/32** IA\_USERINSIGHTS - Desarrollo de una metodología de participación y dinamización ciudadana mediante técnicas de investigación *online* y de inteligencia artificial.

**IMDEEA/2021/33** GENERO - Integración de la perspectiva de género en los criterios de adecuación ergonómica de entornos laborales.

**IMDEEA/2021/56** BIOMECSALUD - Nuevos procedimientos y tecnologías biomecánicas para la evaluación de productos sanitarios y la valoración clínica.

**IMDEEA/2021/69** CIUDATÀ - Laboratorio de innovación ciudadana para aplicar herramientas de investigación cualitativa a los datos de la *Smart City: Thick data* e información contextual.

## artículos



Investigación del Instituto de Biomecánica (IBV) en Producto Sanitario de reconstrucción articular y ósea que mejora la propuesta de valor de entidades y empresas del sector. Andrés Peñuelas Herráiz, Luca Giovannelli, Sofía Iranzo Egea, Víctor J. Primo Capella, Fernando García Torres, Juan Gómez Herrero, Carlos M. Atienza Vicente, María Jesús Solera Navarro, José Luis Peris Serra.



El IBV genera nuevas herramientas para el desarrollo de dispositivos y servicios médicos innovadores y competitivos. Raúl Panadero Morales, José Luis Peris Serra, José Laparra Hernández, Laura Martínez Gómez, Carlos M. Atienza Vicente, Víctor Primo Capella, Sofía Iranzo Egea, Luis I. Sánchez Palop, Clara Rionda Rodríguez.



Dando valor a los modelos digitales humanos. Alfredo Remón Gómez, Beatriz Mañas Ballester, Sandra Alemany Mut, Eduardo Parrilla Bernabé, Ana Ruescas Nicolau.



El IBV responde a las nuevas tendencias en calzado. Paola Piqueras Fiszman, Clara Solves Camallonga, Sara Gil Mora, Juan Carlos González García, José Laparra Hernández, Sergio Puigcerver Palau.



Herramientas para aplicar la antropometría 3D en el diseño de productos. Juan V. Durá Gil, Sara Gil Mora, Juan Carlos González García, Sandra Alemany Mut, Beatriz Nácher Fernández, Jorge Valero Zorraquino.



Aplicación de la Inteligencia Artificial al análisis biomecánico. Úrsula Martínez-Iranzo, Enric Medina-Ripoll, Gonzalo Utrilla Redondo, Cristina García Bermell, Ignacio Bermejo Bosch, Juan López Pascual.



Salud 4.0 y Bienestar: Diagnóstico y tratamiento de problemas circulatorios y respiratorios con tecnología sin contacto y de bajo coste, mediante imagen térmica 3D e Inteligencia Artificial. Consuelo Latorre Sánchez, Elisa Signes i Pérez, Mateo Izquierdo Riera, Andrés Soler Valero, Juan Antonio Solves Llorens, Joaquín Sanchiz Navarro, Ricardo Bayona Salvador, José Manuel Rojas Artuñedo, Carlos M. Atienza Vicente y José Laparra Hernández



Inteligencia Artificial para una experiencia deportiva óptima: innovación para la mejora de la salud y el rendimiento de deportistas. Luis I. Sánchez Palop, José Laparra Hernández, Laura Magraner Llavador, Fernando Gómez Sendra, Juan Carlos González García.



Inteligencia Artificial aplicada a la metodología de investigación de usuario *online*. Marta Valero Martínez, Vanessa Jiménez Gil, Javier Silva García, Emilio Benitez Bermejo, Raquel Ruiz Folgado, Raquel Marzo Roselló, Juan Carlos González García, Rosa Porcar Seder.



El IBV ayuda a las empresas a integrar la perspectiva de género en la adecuación de puestos de trabajo. Rake! Poveda-Puente, Raquel Ruiz Folgado, Raquel Portilla Parrilla, Raquel Marzo Roselló, Sonia Serna Arnau, Alicia Piedrabuena Cuesta, Alberto Ferreras Remesal, Purificación Castelló Mercé, Mercedes Sanchis Almenara.



Nuevos procedimientos y tecnologías biomecánicas para la valoración clínica y la evaluación de implantes. Arturo Gómez Pellín; Ana Ruescas Nicolau; Fermín Basso Della Vedova; José Francisco Pedrero Sánchez; Cristina Herrera Ligeró; Beatriz Muñoz García; Giuseppe Caprara; Carlos M. Atienza Vicente y Juan López Pascual.



Definición conceptual de un Laboratorio de Innovación Ciudadana para generar información de contexto en el ámbito de la *Smart City*. Juan F. Giménez Plá, Amparo López Vicente, Carol Soriano García, Raquel Marzo Roselló, Elisa Signes i Pérez, José S. Solaz Sanahuja.

**Proyectos de I+D de carácter no económico  
realizados en cooperación con empresas**

**PROGRAMA DE AYUDAS DIRIGIDAS A CENTROS  
TECNOLÓGICOS PARA EL EJERCICIO 2021**





## Investigación del Instituto de Biomecánica (IBV) en Producto Sanitario de reconstrucción articular y ósea que mejora la propuesta de valor de entidades y empresas del sector

Andrés Peñuelas Herráiz,  
Luca Giovannelli,  
Sofía Iranzo Egea,  
Víctor J. Primo Capella,  
Fernando García Torres,  
Juan Gómez Herrero,  
Carlos M. Atienza Vicente,  
María Jesús Solera Navarro,  
José Luis Peris Serra.

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

## INTRODUCCIÓN

El sector vinculado al producto sanitario es un sector completamente esencial a nivel económico y social, como, se ha venido demostrando a lo largo de la pandemia en los dos últimos años. Por tanto, el entorno cambiante exige una rápida adaptación por parte de las empresas al entorno normativo y tecnológico. En la actualidad, las pymes y entidades de nuestro entorno se ven obligadas a incorporar las nuevas tecnologías para mantener su propuesta de valor. En concreto, en el caso de la fabricación aditiva (impresión 3D) o de la utilización de la inteligencia artificial son numerosas las tecnologías de fabricación o *software* que pueden incorporar las empresas y que requieren un adecuado estudio de la normativa aplicable para que las empresas mantengan sus certificaciones y por tanto puedan seguir vendiendo. También, en relación al diseño y a la evaluación de los productos sanitarios, se abren oportunidades y necesidades de mejora y actualización. Asimismo, el marco regulatorio y normativo en evolución exige también capacidad de adaptación, ya sea con un enfoque europeo (Unión Europea, UE), con el obligado cumplimiento del reglamento (EU) 2017/745 (MDR), que regula los productos sanitarios, o con uno al entorno de un Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) bajo la norma UNE-EN ISO 13485:2018, en el que se hace necesario tener un buen conocimiento de la gestión de riesgos (UNE-EN ISO 14971:2020), y de la ingeniería de usabilidad o aptitud de uso (UNE-EN 62366-1:2015).

En este marco, el Instituto de Biomecánica (IBV) dentro del proyecto RECBONE ha investigado en estas líneas y se ha posicionado frente a estos desafíos, de manera que pueda dar respuesta a las nuevas necesidades de las empresas del sector de diagnóstico y tratamiento en cirugía ortopédica y maxilofacial, especialmente las de la *Comunitat Valenciana*. Dada la amplitud del alcance del proyecto, y con el fin de poder desarrollar conocimiento útil y de calidad, se ha planteado el proyecto RECBONE en dos anualidades, correspondiendo la primera de ellas al año 2021. A continuación, se presentan la metodología utilizada y los resultados obtenidos.

## METODOLOGÍA Y RESULTADOS

### Marco regulatorio y normativo en relación al desarrollo y certificación de Producto Sanitario para reconstrucción articular y ósea

Se han revisado las normas y sus nuevas versiones y borradores (ISO, ASTM y UNE), relacionados con los productos sanitarios para reconstrucción articular y ósea. Se ha prestado especial atención a las normas referentes a dispositivos de cirugía ortopédica y traumatológica (COT), dispositivos de cirugía craneal y maxilofacial, implantología dental y afines, cirugía torácica, y osteosíntesis. Se han incluido, también, otros elementos cuya aplicación se relaciona con los productos anteriores, y que se

abordan en el proyecto, como los casos de la fabricación aditiva, o del producto a medida. Adicionalmente, dado el interés por el tema, se ha ampliado la base de datos con normativa sobre otros productos sanitarios de interés para empresas de la *Comunitat Valenciana*.

Por otro lado, como se indicaba, el reglamento europeo de producto sanitario o MDR, ha pasado a ser de obligada aplicación en mayo de 2021, tras un año de retraso a causa de la pandemia relacionada con la COVID-19. El IBV ha continuado la línea de investigación desarrollada durante los últimos años, profundizando en las implicaciones y efectos de su aplicación, en los productos de las empresas de la *Comunitat Valenciana*. En particular, se ha puesto el foco en las implicaciones en cuanto al proceso de certificación de producto a medida, que supone un importante cambio para las empresas fabricantes. Así, se han revisado el MDR, guías y documentos aclaratorios, y el proyecto de Real Decreto de Producto sanitario (MD) del Reino de España. Adicionalmente, al tratarse de un asunto de interés para las empresas fabricantes de producto sanitario de la *Comunitat Valenciana*, que quieran comercializar sus productos en el Reino Unido, tras su reciente salida efectiva de la UE, se han recopilado y considerado las principales derivadas. Así, el BREXIT ha supuesto un nuevo marco legal para la comercialización del producto sanitario en este país, en especial en Gran Bretaña (Gales, Inglaterra y Escocia), contando con un marco distinto al de Irlanda del Norte. Aunque los cambios legislativos no han sido de gran calado, existiendo un periodo de transición,

es de destacar el papel de la *Medicine and Healthcare products Regulatory Agency* (MHRA), agencia británica de MD, o la utilización de dos mercados distintos, el UKCA, en Gran Bretaña, y el CE UKNI, en Irlanda del Norte. Asimismo, se establece un periodo de gracia para los certificados emitidos por organismos notificados reconocidos por la UE, en Gran Bretaña, hasta el 30 de junio de 2023.

De forma adicional, se ha reforzado la línea de conocimiento en torno al sistema de gestión de la calidad (SGC), en el diseño de productos sanitarios, basado en la norma UNE-EN ISO 13485:2018 (en su apartado 7.3 “Diseño y desarrollo”), que es un SGC aceptado para obtener el marcado CE de producto sanitario según el MDR, o la nueva declaración de cumplimiento para productos a medida (Anexo XIII del MDR, apartado 1), al carecer estos de marcado CE. En este sentido, dos aspectos capitales del SGC son la gestión de los riesgos, y la ingeniería de usabilidad, o aptitud de uso, en los que se ha profundizado en el proyecto. En cuanto al estudio de la nueva versión de la UNE-EN ISO 14971:2020 (*Dispositivos médicos/productos sanitarios (MD). Aplicación de la gestión de riesgos a los MD*), se ha comprobado que no presenta grandes cambios respecto a la anterior versión de 2007 (UNE-EN ISO 14971:2012), manteniéndose el proceso general de gestión de riesgos. Por otro lado, en lo relativo al estudio de la ingeniería de usabilidad o aptitud de uso, basada en la norma UNE-EN 62366-1:2015 (*Productos sanitarios. Parte 1: Aplicación de la ingeniería de usabilidad a los productos sanitarios*) y su corrección del 2016, se ha verificado

el enfoque hacia la seguridad que esta norma hace de la usabilidad. Asimismo, aunque su aplicación a *software* es clara, se ha prestado atención a su aplicación a instrumental quirúrgico, y otros dispositivos de reconstrucción articular y ósea. Estos conocimientos han permitido potenciar, y mejorar la propuesta de valor del IBV a las empresas y entidades del sector.

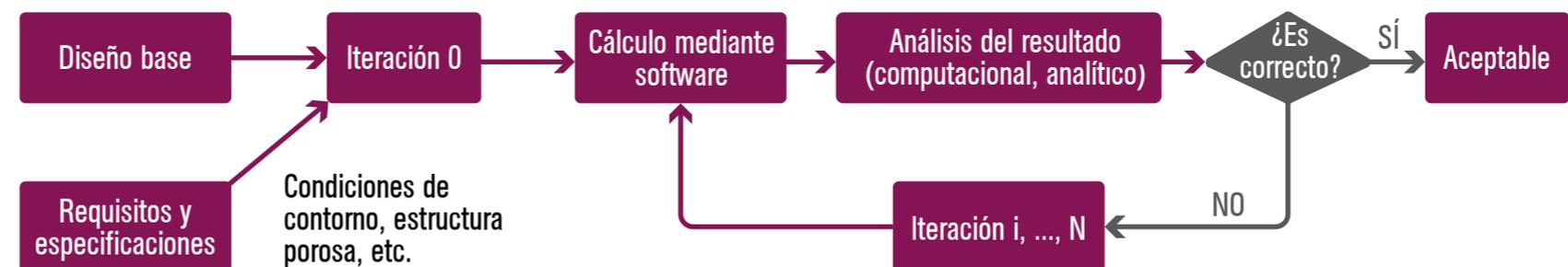
### Diseño, fabricación y evaluación de Producto Sanitario para reconstrucción articular y ósea

Por otro lado, se ha trabajado en el proyecto en técnicas de optimización del diseño de productos sanitarios para reconstrucción articular y ósea, aplicables tanto a los más convencionales, como a los que utilizan estructuras porosas (*lattice*, en inglés). Estas estructuras, en su concepto actual, se hallan íntimamente ligadas a la fabricación aditiva, mediante diversas técnicas de impresión 3D, como son el láser (L-PBF) o el haz de electrones (E-PBF), de material metálico (típicamente Ti6Al4V), y son así de amplia aplicación a los productos sanitarios a medida. De esta manera, los esfuerzos en personalización de los productos sanitarios en cuestión, combinados con el uso de la fabricación

aditiva, permiten a las empresas ofrecer productos diseñados específicamente para un paciente dado (paciente-específico), dando lugar a un funcionamiento y seguridad mejorados y, por tanto, una mayor calidad de vida al paciente. Para estas tareas de optimización del diseño se ha contado con la colaboración de las empresas DESARROLLOS BIOMECÁNICOS INNOVASAN, SURGIVAL y FRESIDENTAL.

Adicionalmente, se ha continuado la línea de trabajo existente en investigación y vigilancia acerca de la fabricación aditiva, o impresión 3D. De un lado, se ha profundizado en la obtención de geometrías de piezas de elevadas características e, incluso funcionales, obtenidas por impresión 3D, como es el caso de resinas, procesadas en una máquina de impresión con tecnología DLS™ (Digital Light Synthesis™), con mejores resultados que otras tecnologías, en cuanto a propiedades mecánicas, resolución y acabados superficiales. Se ha extendido esta investigación al estudio de la impresión metálica (SLS) como alternativa a procesos convencionales de mecanizado y marcado por láser, utilizadas en productos sanitarios en los que se hace necesario su visión en procesos de imagen médica por ultrasonidos.

Figura 1. Esquema general de la metodología de optimización del diseño generada en el marco del proyecto RECBONE.



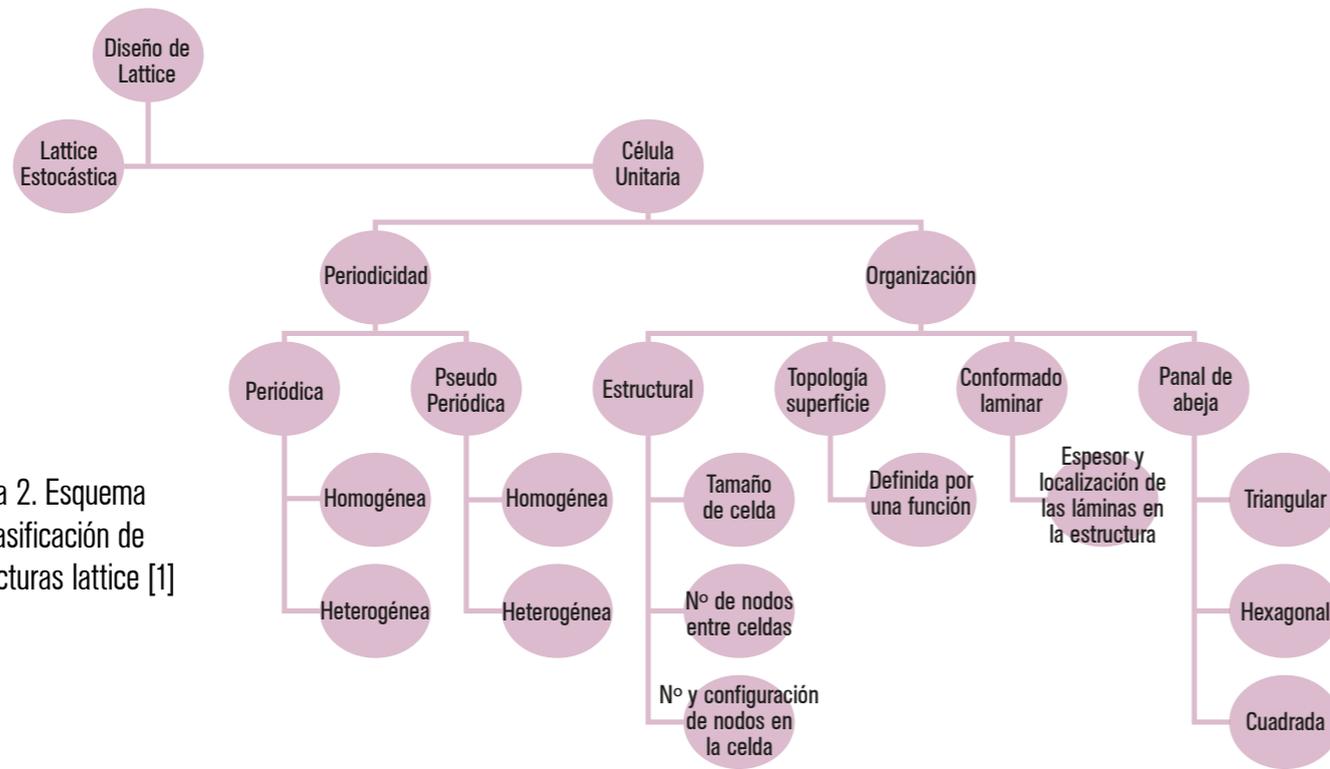


Figura 2. Esquema de clasificación de estructuras lattice [1]

Por otro lado, se ha llevado a cabo una revisión enmarcada en la creciente tendencia de integrar estructuras porosas (tipo *lattice*) en productos sanitarios para la reconstrucción articular y ósea. Las posibilidades, y funcionalidades son diversas, y están recogidas en la bibliografía. En este sentido, en la figura 2 se muestra una clasificación de las formas *lattice*, en función de su estructura [1], siendo las estructuras de más interés para su aplicación en dispositivos ortopédicos, las de tipo celda unitaria (*cell unit*). Asimismo, en este trabajo de revisión, se han explorado las tendencias en cuanto a las tecnologías de fabricación aplicables a implantes metálicos (Ti6Al4V), cuyo resumen puede verse en la Tabla 1.

Tabla 1. Información de la tecnología de fabricación empleada en cada uno de los artículos revisados

Referencia	Tecnología y modelo	Potencia láser / Corriente haz	Diámetro láser / haz	Velocidad de escaneo	Grosor de la capa	Otros parámetros
(Deng <i>et al.</i> 2021) [2]	SLM -- FS271 Sichuan Farsoon Turing	500 W	70 $\mu\text{m}$	300 mm/s	30 $\mu\text{m}$	-
(Gabay <i>et al.</i> 2021) [3] which enable osteoblasts and connecting tissue to migrate during natural bone growth. Consequently, the coherency and bonding strength between the implant and natural bone can be significantly increased, for example in operations related to dental and orthopedic applications. The present study aims to evaluate the prospects of a Ti-6Al-4V lattice, produced by selective laser melting (SLM)	SLM -- EOSINT M280	200 W	60 $\mu\text{m}$	7000 mm/s	30 $\mu\text{m}$	-
(Stevenson <i>et al.</i> 2016) [4]	EBM -- Arcam S12 EBM	1.7-3.0 mA	-	200 mm/s	-	-
(Kim <i>et al.</i> 2017) [5]	EBM -- Arcam A1	4 mA	-	-	50 $\mu\text{m}$	Pre calentamiento de 35 mA a 600°C
(Maietta <i>et al.</i> 2019) [6] Ti6Al4V	SLM -- M2 Cusing	170 W	100 $\mu\text{m}$	1250 mm/s	-	Contenido oxígeno <0.1%
(Xu <i>et al.</i> 2019) [7]	SLM -- EOSINT M280	280 W	100 $\mu\text{m}$	1200 mm/s	30 $\mu\text{m}$	-
(Suresh <i>et al.</i> 2021) [8]	SLM -- EOS M290	252 W	-	1380 mm/S	30 $\mu\text{m}$	-
(Liverani <i>et al.</i> 2021) [9]	LPBF -- SISMA MYSINT100	175W	50 $\mu\text{m}$	--	20 $\mu\text{m}$	Cámara de atmosfera de nitrógeno. Oxígeno <0.1%

Figura 3. Montaje de los implantes dentales sobre el hueso.



La generación de las estructuras porosas puede ser un desafío, motivo por el cual se ha trabajado en las metodologías para generarlas, siendo los más destacados los métodos CAD y la utilización de funciones trigonométricas de superficie mínima (TPMS).

Por último, en cuanto a metodologías de ensayo para evaluación de producto sanitario para reconstrucción articular y ósea, conviene destacar una nueva metodología de ensayo para la evaluación de la estabilidad primaria de implantes dentales mediante análisis por frecuencia de resonancia. El estudio de la estabilidad del sistema se ha realizado sobre un espécimen de costilla de ternera joven, cuya densidad se aproxima a un hueso de tipo III/IV según la literatura científica [10] [11] (Figura 3). Asimismo, es destacable la metodología desarrollada para

ensayar mecánicamente, tanto a nivel estático, como dinámico, cajas intersomáticas bloqueadas, para las cuales no existe una normativa específica.

### Aplicación de técnicas de Inteligencia Artificial a la detección de lesiones y reconocimiento de formas

Uno de los objetivos del presente proyecto era avanzar en la generación de metodologías para la detección de lesiones y reconocimiento de formas aplicada a lesiones osteoarticulares mediante técnicas de Inteligencia Artificial. Siempre desde el punto de vista de su aplicabilidad a la realidad clínica, se plantea el diseño de algoritmos desde su concepción enfocada en su posterior validación por la empresa. El empleo de estas técnicas es de gran interés y el número de autores trabajando en ello va en aumento cada año. Por un lado, la construcción de algoritmos de clasificado de lesiones [12], [13], para el cual se trabaja con volúmenes de imágenes del orden de 1000-10000 imágenes. En el presente proyecto se han conseguido resultados de clasificado de casos sanos y patológicos superiores al 80 % teniendo un set de entrenamiento de menos de 1000 imágenes y alrededor de 100 para la validación en los tres cortes axial, sagital y coronal.

Por otro lado, se han construido algoritmos de reconocimiento de formas, lo cual ofrece gran valor al clínico en el momento de conseguir un mejor diagnóstico. Como se puede consultar en bibliografía, diversos estudios se dedican a ello [14], [15] y para la consecución de buenos resultados de segmentación, dependiendo de la zona del cuerpo, se necesitan altos volúmenes de casos, cuyos datos han de ser segmentados manualmente, o semiautomáticamente por personal experto. En este proyecto se han creado redes de segmentación, basadas en la red U-Net,

y mediante un pequeño volumen de imágenes segmentadas, como la que se puede observar en la figura 4, se ha validado su funcionamiento.

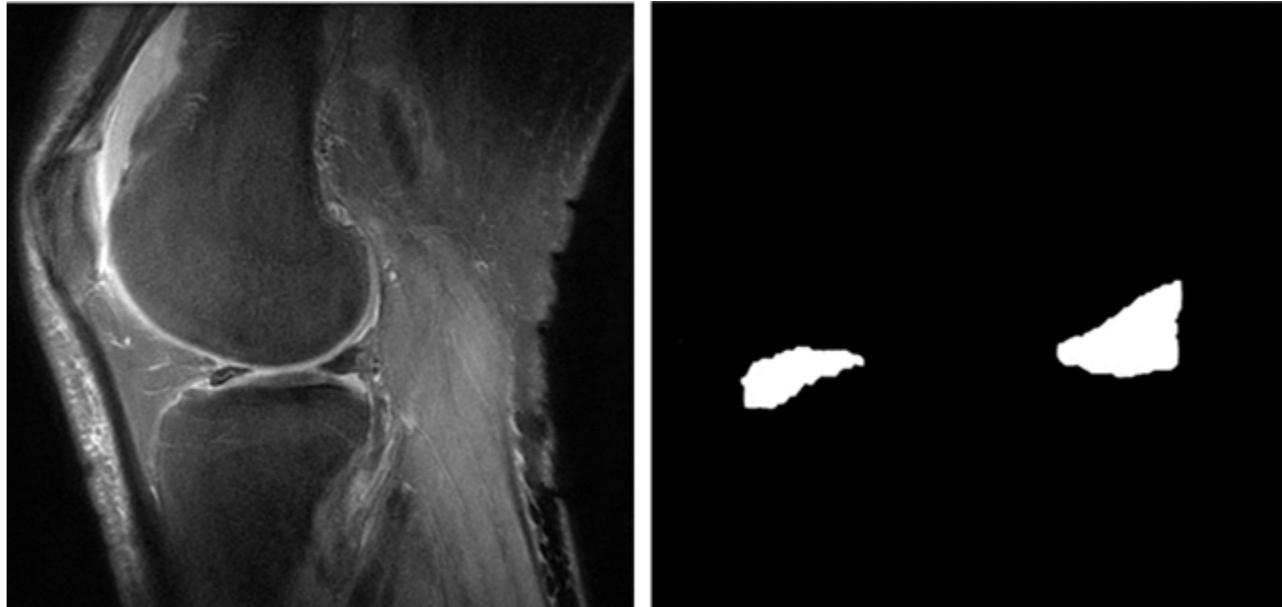


Figura 4. Imagen y segmentación con la que se alimenta el algoritmo de reconocimiento de formas. A la izquierda, un corte de RM sagital, a la derecha su máscara binaria con el menisco segmentado. A la red se le enseña a encontrar el menisco. Una vez entrenada se le pide devolver el menisco a partir de nuevas imágenes desconocidas para ella.

## EMPRESAS PARTICIPANTES

Las empresas que han participado en esta iniciativa junto al Instituto de Biomecánica (IBV) han sido:

- EXPLORACIONES RADIOLÓGICAS ESPECIALES, S.L,
- SURGIVAL CO, S.A.U.
- DESARROLLOS BIOMECÁNICOS INNOVASAN S.L.
- FRESIDENTAL INNOVACIÓN Y MANUFACTURAS S.L.
- INDUSTRIAL MÉDICA ALICANTINA S.L.
- BIO-VAC ESPAÑA, S.A.
- BIOMET 3i DENTAL IBÉRICA S.L.U.

## Bibliografía

- [1] M. McGregor, S. Patel, S. McLachlin, y Mihaela Vlasea, «Architectural bone parameters and the relationship to titanium lattice design for powder bed fusion additive manufacturing», *Addit. Manuf.*, vol. 47, p. 102273, nov. 2021, doi: 10.1016/j.addma.2021.102273.
- [2] F. Deng, L. Liu, Z. Li, y J. Liu, «3D printed Ti6Al4V bone scaffolds with different pore structure effects on bone ingrowth», *J. Biol. Eng.*, vol. 15, n.o 1, p. 4, ene. 2021, doi: 10.1186/s13036-021-00255-8.
- [3] N. Gabay, T. Ron, R. Vago, A. Shirizly, y E. Aghion, «Evaluating the Prospects of Ti-Base Lattice Infiltrated with Biodegradable Zn-2%Fe Alloy as a Structural Material for Osseointegrated Implants-In Vitro Study», *Mater. Basel Switz.*, vol. 14, n.o 16, p. 4682, ago. 2021, doi: 10.3390/ma14164682.
- [4] G. Stevenson, S. Rehman, E. Draper, E. Hernández-Nava, J. Hunt, y J. W. Haycock, «Combining 3D human in vitro methods for a 3Rs evaluation of novel titanium surfaces in orthopaedic applications», *Biotechnol. Bioeng.*, vol. 113, n.o 7, pp. 1586-1599, jul. 2016, doi: 10.1002/bit.25919.
- [5] D. Kim et al., «Sacral Reconstruction with a 3D-Printed Implant after Hemisacrectomy in a Patient with Sacral Osteosarcoma: 1-Year Follow-Up Result», *Yonsei Med. J.*, vol. 58, n.o 2, pp. 453-457, mar. 2017, doi: 10.3349/ymj.2017.58.2.453.
- [6] S. Maietta, A. Gloria, G. Improta, M. Richetta, R. De Santis, y M. Martorelli, «A Further Analysis on Ti6Al4V Lattice Structures Manufactured by Selective Laser Melting», *J. Healthc. Eng.*, vol. 2019, pp. 1-9, sep. 2019, doi: 10.1155/2019/3212594.
- [7] Y. Xu et al., «Mechanical properties tailoring of topology optimized and selective laser melting fabricated Ti6Al4V lattice structure», *J. Mech. Behav. Biomed. Mater.*, vol. 99, pp. 225-239, nov. 2019, doi: 10.1016/j.jmbm.2019.06.021.
- [8] S. Suresh, C.-N. Sun, S. Tekumalla, V. Rosa, S. M. Ling Nai, y R. C. W. Wong, «Mechanical properties and in vitro cytocompatibility of dense and porous Ti-6Al-4V ELI manufactured by selective laser melting technology for biomedical applications», *J. Mech. Behav. Biomed. Mater.*, vol. 123, p. 104712, nov. 2021, doi: 10.1016/j.jmbm.2021.104712.
- [9] E. Liverani, G. Rogati, S. Pagani, S. Brogini, A. Fortunato, y P. Caravaggi, «Mechanical interaction between additive-manufactured metal lattice structures and bone in compression: implications for stress shielding of orthopaedic implants», *J. Mech. Behav. Biomed. Mater.*, vol. 121, p. 104608, sep. 2021, doi: 10.1016/j.jmbm.2021.104608.
- [10] O. Geckili, H. Bilhan, A. Cilingir, E. Mumcu, y C. Bural, «A comparative in vitro evaluation of two different magnetic devices detecting the stability of osseo-integrated implants», *J. Periodontol. Res.*, vol. 47, n.o 4, Art. n.o 4, 2012, doi: 10.1111/j.1600-0765.2011.01462.x.
- [11] G. Santamaria-Arrieta et al., «Biomechanical evaluation of oversized drilling technique on primary implant stability measured by insertion torque and resonance frequency analysis», *J. Clin. Exp. Dent.*, vol. 8, n.o 3, Art. n.o 3, jul. 2016, doi: 10.4317/jced.52873.
- [12] B. Fritz, G. Marbach, F. Civardi, S. F. Fucentese, y C. W. A. Pfirrmann, «Deep convolutional neural network-based detection of meniscus tears: comparison with radiologists and surgery as standard of reference», *Skeletal Radiol.*, vol. 49, n.o 8, pp. 1207-1217, ago. 2020, doi: 10.1007/s00256-020-03410-2.
- [13] «Meniscal lesion detection and characterization in adult knee MRI: A deep learning model approach with external validation - ScienceDirect». <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1120179721000983> (accedido ene. 13, 2022).
- [14] E. Panfilov, A. Tiulpin, M. Juntunen, V. Casula, M. Nieminen, y S. Saarakkala, «Automatic knee cartilage and menisci segmentation from 3D-DESS MRI using deep semi-supervised learning», *Osteoarthritis Cartilage*, vol. 27, pp. S390-S391, abr. 2019, doi: 10.1016/j.joca.2019.02.391.
- [15] «Automated segmentation of knee menisci from magnetic resonance images by using ATTU-Net: a pilot study on small datasets». <https://www.osapublishing.org/osac/fulltext.cfm?uri=osac-4-12-3096&id=465497> (accedido ene. 13, 2022).

Financiado por:



Cofinanciado por  
la Unión Europea

Nº expediente: IMDEEA/2021/20



## **El IBV genera nuevas herramientas para el desarrollo de dispositivos y servicios médicos innovadores y competitivos**

Raúl Panadero Morales,  
José Luis Peris Serra,  
José Laparra Hernández,  
Laura Martínez Gómez,  
Carlos M. Atienza Vicente,  
Víctor Primo Capella,  
Sofía Iranzo Egea,  
Luis I. Sánchez Palop,  
Clara Rionda Rodríguez.

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

## **INTRODUCCIÓN**

En la actualidad, el sector salud y, en particular, el de los dispositivos médicos, se encuentra en constante crecimiento a la vez que está sufriendo profundos cambios debido a diversos factores como el nuevo Reglamento europeo sobre productos sanitarios, la constante evolución de la normativa internacional y la aplicación de nuevas tecnologías para el desarrollo de productos y la mejora del diagnóstico, el tratamiento y la prevención de patologías. En todos los casos los productos y servicios desarrollados por las empresas requieren de planes de factores humanos que permitan el desarrollo de productos más ergonómicos, usables y adaptados a las personas, y que además cumplan todas las normativas técnicas. Las empresas de la Comunitat Valenciana, especialmente las PYMEs, necesitan actualizar y adaptar sus productos, procesos y servicios a los avances que se producen en el sector para seguir siendo competitivos, aún más en el marco de la situación socioeconómica actual marcada por la pandemia de la COVID-19 y la entrada en vigor del Reglamento (UE) 2017/745 de productos sanitarios (más conocido como MDR por sus siglas en inglés).

En este contexto, el Instituto de Biomecánica (IBV), dentro del proyecto DIS2MED, ha llevado a cabo una labor de investigación que ha permitido dar respuesta a muchas de las nuevas necesidades que presentan las empresas del sector sanitario y afines, a través de la aplicación de nuevas técnicas y herramientas de diseño, fabricación, evaluación y Factores Humanos para el

desarrollo de metodologías eficaces que faciliten el lanzamiento de productos y servicios innovadores que lleguen a ser competitivos al mercado. Este proyecto se inició en enero de 2021 y ha tenido una duración de 1 año.

## **RESULTADOS**

Durante el proyecto se ha profundizado en los siguientes aspectos:

### **Revisión de nuevas guías y otros documentos aclaratorios en relación a la aplicación del MDR**

En términos de regulación, se ha llevado a cabo una revisión de guías de aplicación del MDR y nueva documentación aclaratoria publicada desde la aparición de la COVID-19. La pandemia ha tenido un gran impacto en todo el sector sanitario, igual que en el resto de la sociedad, y, por este motivo, la Comisión Europea (CE) aprobó una prórroga de un año del periodo de tres años establecido inicialmente para la adaptación de los diferentes agentes del sector al nuevo Reglamento (EU) 2017/745, el cual ha coexistido desde su aprobación formal en mayo de 2017 junto con el marco regulatorio previamente existente, formado por las Directivas MDD. Este año adicional ha dado también más tiempo a la CE para aclarar aspectos que no estaban completamente definidos en el texto del MDR, los cuales se han recogido en el proyecto con el fin de promover una mejor y más suave

adaptación de las empresas del sector sanitario de la Comunitat Valenciana. En particular, además, se recoge información sobre las implicaciones del MDR en el desarrollo y certificación de *software* de uso médico, un campo actualmente en auge.

Continuando con la labor emprendida tras la entrada en vigor del MDR el pasado 26 de mayo del año 2017, el Grupo de Coordinación de Productos Sanitarios (MDCG), ha publicado durante el año 2021 un total de 34 guías y documentos aclaratorios, destinados a facilitar la implementación de la nueva regulación. Entre ellas destacan las relacionadas con la propia clasificación de los productos sanitarios, con las actividades de evaluación e investigación clínica, con el uso de la plataforma EUDAMED y con el sistema de identificación única de producto (sistema UDI). El análisis de estas guías, ha permitido al IBV dotarse de los conocimientos y recursos necesarios para ayudar a las empresas del sector del producto sanitario de *Comunitat Valenciana* en el proceso de adaptación de sus procesos y productos a la actual regulación.

### Nuevas metodologías de diseño y fabricación de biomodelos de estructuras anatómicas humanas

En el contexto actual, en el que se está avanzando hacia una medicina cada vez más personalizada, los biomodelos no solo son importantes para la reducción del coste de desarrollo de los dispositivos sanitarios, sino que también aportan un elevado valor por sí mismos en la práctica clínica, especialmente en los tratamientos más complejos, como, por ejemplo, las cirugías en condiciones anatómicas anómalas en las que el éxito depende en gran medida de la planificación previa. Para ello, durante el proyecto se han desarrollado biomodelos, generados mediante

técnicas de reconstrucción 3D a partir de imagen médica, que sirven tanto para la validación preclínica de productos como para la planificación quirúrgica. La fase de detección de necesidades de las empresas ha permitido definir los estudios de viabilidad en los que se han desarrollado varios biomodelos de corazón y de aneurismas de aorta abdominal, dando respuesta a una demanda de estas empresas y a una línea de trabajo que está en auge en el sector.

Los biomodelos desarrollados fueron obtenidos en primer lugar mediante la segmentación de imágenes médicas anonimizadas de tipo DICOM en las que se puede apreciar la característica o la patología de interés, mediante el uso del programa Materialise Mimics® y siguiendo una metodología específica basada en la aplicación y en las necesidades de los profesionales clínicos y empresas colaboradoras (Figura 1). Posteriormente, se emplearon diferentes tecnologías de impresión 3D para la fabricación de los biomodelos, como la estereolitografía (SLA) y el sinterizado selectivo por láser (SLS), utilizando como material base una resina fotoreactiva y la poliamida-12, respectivamente (Figura 2). Esta actividad fue llevada a cabo en estrecha colaboración con las empresas colaboradoras del proyecto, en especial MERCÉ V. ELECTROMEDICINA y VALIDA INNOVATION.

Figura 1. Segmentación de un corazón adulto utilizando diferentes máscaras en función de la zona anatómica.



Figura 2. Impresión de un corazón de un neonato de 2 kg con interrupción del arco aórtico con poliamida-12 (izda.) e impresión en resina de una aorta abdominal que presenta un aneurisma (dcha.).



## Mejora de modelos biomecánicos empleados en el diseño y evaluación de productos

El modelado biomecánico musculoesquelético se usa comúnmente para llevar a cabo análisis biomecánicos cuantitativos específicos de cada sujeto en una serie de aplicaciones que van desde la evaluación clínica hasta la ergonomía. En particular, esta es una herramienta esencial para evaluar las cargas internas en las articulaciones y los músculos, involucradas en las condiciones de movimiento corporal observadas (Bassani y Galbusera, 2018). Una de las líneas de investigación en el campo de los modelos musculoesqueléticos es la evaluación de los parámetros característicos del sujeto analizado con el fin de conseguir una mejor representación del mismo.

En el proyecto se ha abordado cómo se puede mejorar y simplificar la construcción de modelos musculoesqueléticos para la evaluación de productos sanitarios o relacionados con la salud, como ortesis, prótesis o exoesqueletos. Programas utilizados para este fin, asignan por defecto parámetros a los modelos basándose en datos básicos de los sujetos como el peso y la altura. Se han estudiado otros parámetros característicos del sujeto que podrían medirse e incorporar al modelo para que se

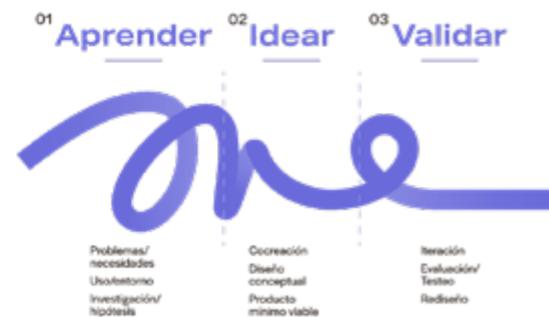
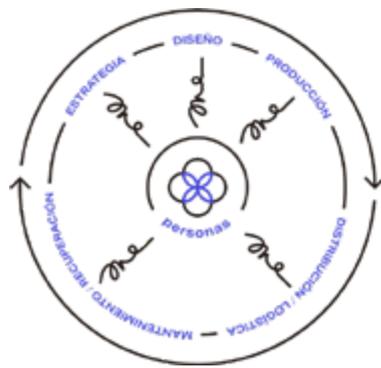
asemeje más a la realidad; destacan los parámetros inerciales de los segmentos corporales, debido a su influencia sobre los resultados. Los parámetros inerciales son difíciles de medir y las técnicas empleadas en

la actualidad, como la extrapolación de medidas en muestras cadavéricas o el escaneo corporal, presentan deficiencias o no suelen ser prácticas en entornos reales. En el proyecto DIS2MED se han analizado alternativas que mejoren la medición de los parámetros inerciales de los segmentos corporales, aprovechando tecnologías ágiles de reconstrucción de la forma del cuerpo desarrolladas previamente en el IBV, las cuales hacen uso de grandes bases de datos de escaneo corporal para estimar modelos antropométricos 3D a partir de datos parciales, como algunas mediciones o fotografías.

## Plan de factores humanos y metodologías asociadas

Otra línea de investigación abordada en el proyecto ha sido el desarrollo de técnicas y dispositivos para el diagnóstico de patologías, validación de dispositivos médicos y seguimiento de pacientes. Estas prácticas se enmarcan de forma global en lo denominado como Human Factors Plan (HFP) o Plan de Factores Humanos, el cual tiene como objetivo poner como elemento central en todo el proceso de desarrollo de un nuevo producto a los usuarios del mismo. De este modo, el usuario está presente y participa activamente en todas las fases del proceso, desde la ideación hasta la puesta en el mercado, pasando por el diseño y el desarrollo. En función de la fase, se contemplan diferentes técnicas con el objetivo de obtener información útil sobre el producto, las expectativas de los usuarios y el detalle de la interacción usuario-dispositivo, de modo que el resultado final se adecúe del mejor modo posible a los usuarios potenciales y al contexto de uso previsto (Figura 3).

Figura 3. Conceptos clave en la elaboración de un Plan de Factores Humanos.



En este sentido, junto con empresas colaboradoras en el proyecto como EJUORE y ORLIMAN, se han llevado a cabo varios estudios de viabilidad en los que se han aplicado nuevas metodologías de diseño y evaluación de productos sanitarios basadas en Factores Humanos, que han permitido analizar la usabilidad, la facilidad de uso, los problemas de interacción entre producto sanitario y usuario, entre otras. Entre estas metodologías, enmarcadas dentro del UCD (User-Centered Design o diseño centrado en el usuario), destaca la realización de pruebas de usabilidad con potenciales usuarios de los dispositivos. A través de pruebas que simulan las condiciones reales de uso y con un número reducido de usuarios, se logra obtener información crucial sobre el modo en que los usuarios objetivo emplean el dispositivo. Así, se estima que con únicamente 5 usuarios se pueden llegar a detectar hasta el 85% de los problemas de usabilidad del producto; con lo que integrando al usuario desde las primeras fases de diseño y realizando pequeñas evaluaciones de usabilidad de modo iterativo, se puede llegar a identificar y, por tanto, eliminar o mitigar, casi el 100% de los riesgos asociados a la interacción usuario-dispositivo. Este tipo de evaluaciones realizadas en fase de diseño y desarrollo del producto sanitario son de gran importancia dentro del proceso de certificación de productos sanitarios, contribuyendo a la obtención de productos médicos seguros y fáciles de usar.

El proyecto DIS2MED ha sido desarrollado con una clara vocación de generar conocimiento científico-técnico con la finalidad de maximizar el impacto en las empresas de la Comunitat Valenciana pertenecientes al sector salud y de dispositivos médi-

cos. Para ello, se ha implicado desde el inicio a las empresas cooperantes en el proyecto y se ha realizado la transferencia de conocimientos mediante la ejecución de estudios de viabilidad que permiten verificar la transferencia e implantación de los resultados del proyecto en su realidad empresarial.

## EMPRESAS PARTICIPANTES

Las empresas que han participado en esta iniciativa junto al Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV) han sido:

- MERCE V. ELECTROMEDICINA
- VALIDA INNOVATION
- CHIP IDEAS ELECTRONICS (EJUORE)
- ORLIMAN
- ORTOPEDIA MOLLÁ
- ANALOG DEVICES
- EIFFAGE ENERGÍA, EPIGRAM
- GENERAL EQUIPMENT FOR MEDICAL IMAGING (ONCOVISIÓN)
- TESORO IMAGING

Financiado por:



Cofinanciado por  
la Unión Europea

Nº expediente: IMDEEA/2021/21

## Dando valor a los modelos digitales humanos

Alfredo Remón Gómez,  
Beatriz Mañas Ballester,  
Sandra Alemany Mut,  
Eduardo Parrilla Bernabé,  
Ana Ruescas Nicolau.

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

## INTRODUCCIÓN

El objetivo del proyecto CUSTOM DHM es aprovechar la perspectiva holística que se dispone de los modelos digitales humanos 3D para integrarlos en aplicaciones en las que aporten un valor añadido. Por lo tanto, CUSTOM DHM persigue explotar el conocimiento y tecnologías del Instituto de Biomecánica (IBV) en la obtención y tratamiento de modelos digitales humanos, para desarrollar herramientas innovadoras que puedan ser incorporadas a la actividad de las empresas, dotándoles de un valor añadido y una mayor competitividad.

El proyecto se ha focalizado en 4 sectores en los que el uso de modelos digitales humanos puede ser beneficioso. Los sectores objetivo son: indumentaria, audiovisual (incluyendo animación, videojuegos y TIC), salud nutricional y sector ortoprotésico.

Se plantean los siguientes objetivos específicos para la consecución del objetivo general:

- Desarrollar estrategias de integración de modelos digitales humanos en entornos virtuales, y herramientas específicas con las que las empresas puedan cuantificar el efecto y/o la funcionalidad de sus productos.
- Explorar y desarrollar herramientas que permitan explotar el modelo digital humano, entre otras, una cinta métrica

## CUSTOM\_DHM



dinámica capaz de adaptarse a cualquier secuencia de movimientos, indicadores que permitan estimar riesgos para la salud o realizar diagnósticos por cambio de volumen del cuerpo o segmentos corporales.

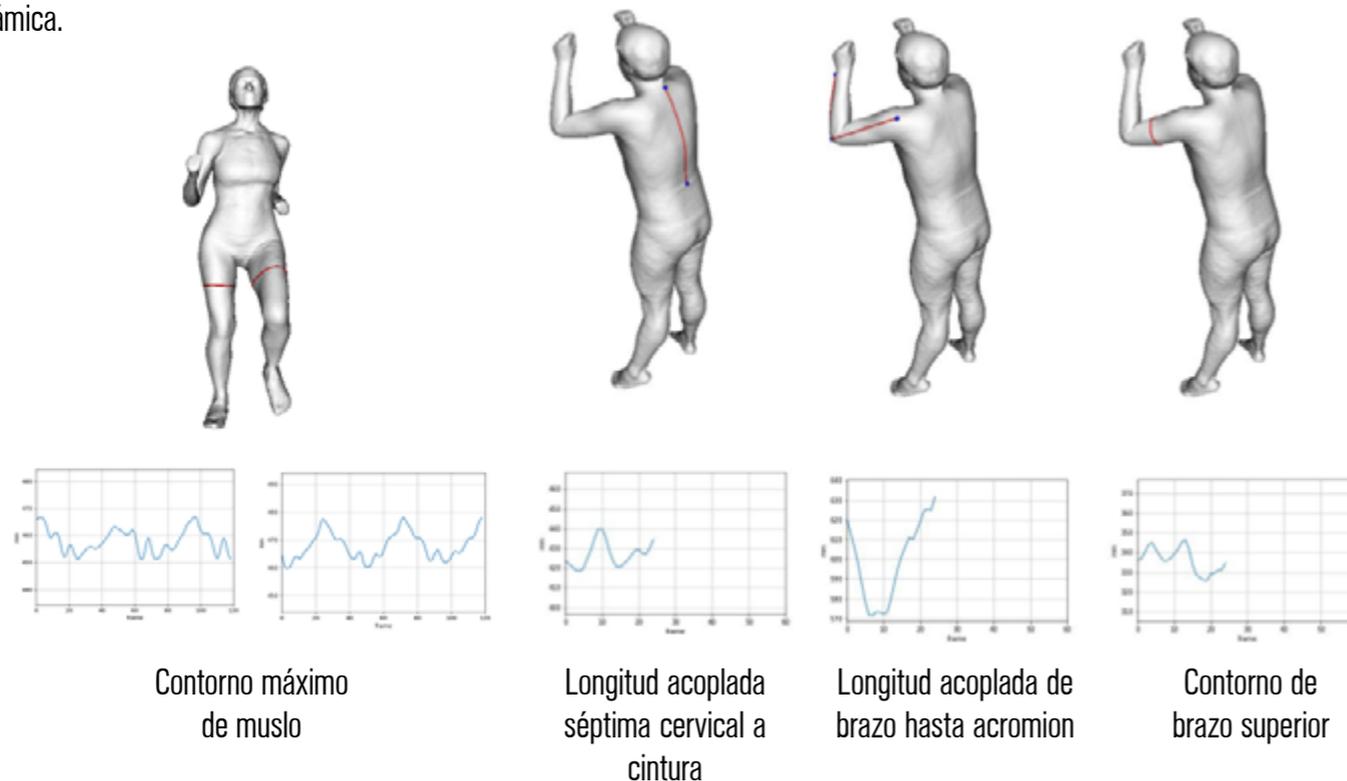
- Mejorar los algoritmos de ajuste de mallas en movimiento para que sean efectivos y permitan obtener modelos digitales humanos animados en diferentes posturas, reproduciendo con realismo y precisión el movimiento y la deformación de los tejidos blandos de un modelo en movimiento.
- Ampliar el uso de tecnologías basadas en *Human-Centered Deep Learning*, mejorando con ellas el procesamiento de datos. El objetivo es, por un lado, ampliar la robustez y fiabilidad de la captura de datos y por otro, mejorar el procesado de los datos escaneados para alcanzar un modelo digital más realista. Todo ello redundará en una mejor experiencia de usuario.
- Mejorar las interfaces de las tecnologías de captura mediante la inclusión de técnicas de Inteligencia Artificial (IA) que posibiliten una interacción con el usuario y simplifiquen el uso de las tecnologías de captura. Ampliar o adaptar los propios sistemas de captura a diferentes poblaciones y contextos de uso.

## RESULTADOS

### R1 Cinta métrica dinámica

Desde el Instituto de Biomecánica (IBV) se había afrontado con anterioridad el desarrollo de una cinta métrica digital que obtuviera con fidelidad las principales métricas de un avatar 3D. Pero esta cinta precisa que el avatar se encuentre en una postura concreta. En este resultado, la cinta métrica se ha generalizado para que pueda medir avatares con precisión en cualquier postura. Esta nueva cinta permite cuantificar las variaciones que un cambio postural provoca sobre el valor de una medida. Este resultado es de especial importancia para estudiar los cambios experimentados en la distribución de los tejidos

Figura 1.  
Mediciones con  
la cinta métrica  
dinámica.



blandos a lo largo de un movimiento y podrá aportar información muy relevante para el diseño de productos como, por ejemplo, una prenda de vestir o una ortesis.

La disociación de la efectividad de la cinta métrica y la postura se basa en que el cálculo de todas las medidas se debe realizar sin el uso de referencias externas al avatar. Por ejemplo, habitualmente el contorno de cintura se mide utilizando un plano paralelo al suelo, lo que obliga al sujeto a estar erguido durante la medición. En el caso de la cinta métrica dinámica, el contorno no debe medirse utilizando un plano paralelo al suelo, sino un plano que dependa únicamente de referencias en el propio cuerpo, como pueda ser un plano perpendicular al eje definido por el tronco del avatar.

A lo largo de 2021 se han desarrollado algoritmos para un conjunto limitado a cinco medidas dinámicas, como por ejemplo el contorno de muslo o la distancia contorneada entre la séptima cervical y la cintura. Con la nueva cinta métrica dinámica, estas medidas se pueden tomar con independencia de la postura del avatar, de forma que es posible medir la longitud de brazo con independencia de que el brazo esté flexionado por el codo o esté extendido, alzado o en posición horizontal. La siguiente figura muestra 5 capturas de cómo otras tantas métricas varían con los cambios posturales del avatar. En esta anualidad, se ha validado la robustez que tiene esta nueva aproximación a lo largo de varios movimientos y el interés de estas nuevas medidas en diversas aplicaciones.

## R2 Desarrollo de algoritmos de ajuste de mallas de gran precisión de modelos en movimiento

Partiendo de algoritmos desarrollados en proyectos anteriores, se han aplicado mejoras para poder ajustar con precisión modelos que se encuentren en cualquier postura e incluso en movimiento. Estos nuevos algoritmos están basados en módulos de IA, y en particular en redes neuronales convolucionales. Estos módulos deben ser entrenados con un gran volumen de datos para poder ser efectivos. En 2021 se diseñó un protocolo para extender la base de datos utilizando el laboratorio 4D del IBV como sistema de captura. El protocolo define la cantidad de datos que se necesitan, la morfología de los individuos a escanear y los movimientos que deben realizar durante las capturas. La cantidad, diversidad y calidad de los datos utilizados, así como su correcta clasificación, marcarán la calidad del entrenamiento y la eficacia y versatilidad de la red neuronal convolucional. Así, por ejemplo, el protocolo define la captura de 49 hombres y 46 mujeres, con edades que van desde los 18 a los 65 años y alturas que van desde 150 cm a 190 cm. La red neuronal, núcleo del algoritmo de procesamiento, fue reentrenada con nuevos datos para mejorar sus prestaciones.

Figura 2. Capturas de un modelo en movimiento.



Adicionalmente, se incluyeron numerosas mejoras en el *software* de procesamiento del laboratorio 4D, de forma que en la actualidad hace un uso más racional de los componentes *hardware* del sistema. Estas modificaciones han reducido considerablemente los tiempos de cómputo y han posibilitado la captura de secuencias más largas.

## R3 Desarrollo de herramientas con las que poder evaluar las características funcionales del producto

Para alcanzar estas herramientas se han utilizado los nuevos algoritmos de ajustes de mallas en movimiento. Se han definido herramientas de análisis en 3D y 4D con las que poder evaluar cómo se distribuye el tejido blando o la grasa corporal por acción de determinadas prendas de vestir o del movimiento. En la imagen de la derecha, se muestra un modelo corriendo con dos tipos de mallas diferentes. Mediante un mapa de color se muestra la distancia punto a punto entre la captura realizada cuando el modelo vestía mallas cortas y la captura con mallas largas. Este mapa es una cuantificación del efecto compresor que tienen las mallas en el muslo y el gemelo durante la carrera, mostrando en tonos más cálidos aquellas zonas que sufren una mayor compresión. Estos datos son un indicador del confort de la prenda.

Figura 3. Valoración del efecto compresor de mallas.

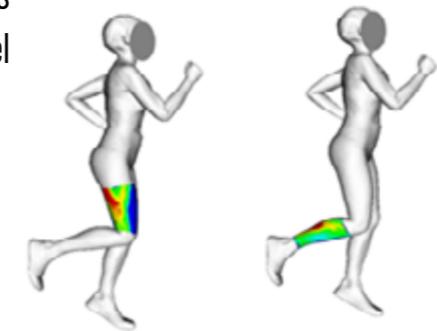


Figura 4.  
Procesado de  
modelos con  
ropa holgada u  
objetos.



Adicionalmente, se han desarrollado algoritmos de procesado de capturas en las que el sujeto no viste ropa ajustada, o en las que existe algún objeto en la zona de captura. Estos procesados obtienen una malla única con textura y permiten obtener un objeto 3D a pesar de que el modelo vista ropa holgada o, por ejemplo, existan objetos extraños en la escena.



#### R4 Cálculo de indicadores de salud a partir de medidas corporales

Las medidas antropométricas pueden ser utilizadas para el cálculo de indicadores de salud. Estos indicadores pueden detectar riesgos para la salud y son una herramienta efectiva para la prevención de enfermedades. En este proyecto se han identificado 17 indicadores de salud de especial relevancia y que pueden ser calculados utilizando las métricas incluidas en nuestra cinta métrica digital.

En el contexto de mejora de la salud y bienestar, se ha validado la herramienta de generación de avatares corporales en el seguimiento de planes de actividad física y deporte orientados a personas mayores.

#### R5 Estrategias de integración de modelos digitales humanos en entornos virtuales para la recomendación de talla

Para este resultado se ha trabajado en dos fases, la primera es la inclusión de modelos digitales en entornos virtuales y la segunda es la recomendación de tallas. Durante 2021 se ha conseguido incluir un modelo digital humano en movimiento, capturado con el laboratorio 4D, en un entorno virtual. Esta prueba de concepto se realizó con la empresa BrainStorm Audiovisual (Figura 5).



Figura 5. Avatar en entorno de realidad aumentada.

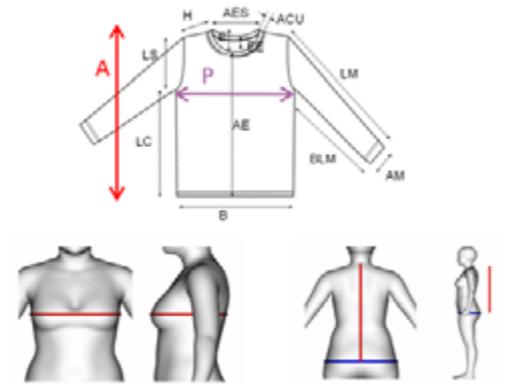
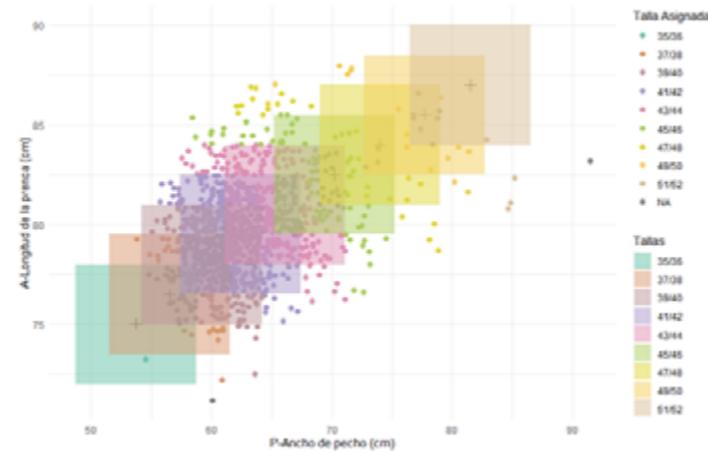


Figura 6. Métricas utilizadas por el recomendador y recomendaciones realizadas para una población de sujetos



Además, junto a la empresa Manufacturas Febel S.A. se ha implementado y evaluado un recomendador de talla que, basado en un par de métricas de la prenda y sus equivalentes métricas cuerpo, es capaz de recomendar la talla de camisa que mejor le sienta a un sujeto. Este recomendador utiliza la base de datos antropométricos de IBV, un modelo digital humano y criterios definidos por el experto para conseguir una recomendación certera. La figura inferior muestra a la izquierda las métricas prenda y cuerpo empleadas por el recomendador y a la derecha las recomendaciones para un conjunto de sujetos.

## EMPRESAS PARTICIPANTES

Las empresas que participan en esta iniciativa junto al Instituto de Biomecánica (IBV) han sido:

- Brainstorm Audiovisual,
- Manufacturas Febel,
- Hearts Radiant,
- Orliman,
- Play & Go Experience,
- Metadox

Financiado por:



Cofinanciado por  
la Unión Europea

## El IBV responde a las nuevas tendencias en calzado

Paola Piqueras Fiszman,  
Clara Solves Camallonga,  
Sara Gil Mora,  
Juan Carlos González García,  
José Laparra Hernández,  
Sergio Puigcerver Palau.

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

## INTRODUCCIÓN

Los cambios sociales, económicos y tecnológicos de la sociedad hacen que las preferencias y los comportamientos de los consumidores vayan evolucionando, favoreciendo, por ejemplo, la demanda de calzado que presente componentes reciclados, o la incorporación del calzado deportivo para uso cotidiano. Ante esta situación, el sector del calzado debe hacer frente a una serie de retos y tendencias de consumo que van a tener gran impacto en las compañías, marcas y consumidores durante la próxima década:

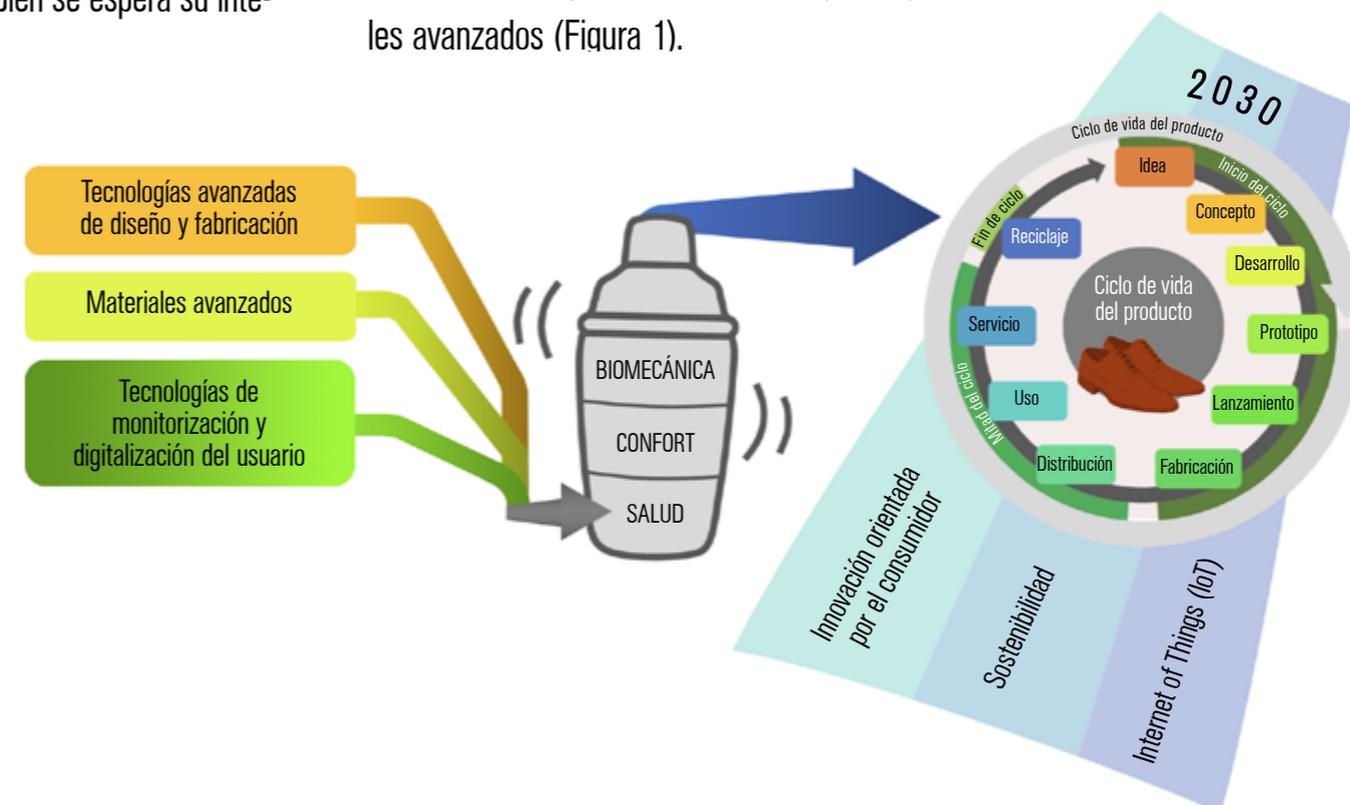
- La innovación orientada por el consumidor. El consumidor se convierte en el centro de la cadena de valor de las empresas.
- IoT (*Internet of Things*) en la distribución y uso del calzado. El crecimiento de las ventas *online* en el sector del calzado es un hecho relevante e imparable, si bien se espera su integración con el comercio minorista y la tecnología en tienda. Además, el calzado ha pasado a ser un nuevo *wearable*, un instrumento de monitorización del individuo en el campo del deporte, la salud o la seguridad.
- Sostenibilidad. El modelo de negocio tradicional se transforma para asegurar la sostenibilidad medioambiental, y las empresas del sector del calzado comienzan a considerarla como una fuente de innovación. Un

## H2030-INNOVACAL



reto crítico va a ser comunicar este cambio de enfoque de manera efectiva a los consumidores, por lo que se van a precisar argumentos sólidos que respalden los beneficios de estos nuevos productos y procesos.

Estos retos y tendencias van a tener un fuerte impacto a lo largo de todo el ciclo de vida del producto, desde el momento en el que el producto es concebido, durante su desarrollo, comercialización, uso e incluso hasta su retirada. En este sentido, el Instituto de Biomecánica (IBV) está trabajando en abordar estos retos a través del proyecto INNOVACAL (Metodología innovadora para la evaluación y el diseño de calzado), cuyo fin es el desarrollo de conocimiento y herramientas aplicables al proceso de desarrollo de calzado fundamentadas en el empleo de TICs, la inteligencia artificial, el *big data* y el uso de materiales avanzados (Figura 1).



El objetivo general del proyecto es la puesta a punto de procesos de innovación tecnológica fundamentados en la biomecánica, el confort y la salud que faciliten la transferencia a las empresas de calzado y sus componentes de las herramientas y el conocimiento generado para permitirles abordar con éxito los nuevos retos y tendencias de consumo. De esta forma, las empresas de calzado y componentes podrán beneficiarse de los resultados del proyecto para afrontar los nuevos retos del sector y la nueva década en una posición clara de ventaja competitiva. Este proyecto se ha iniciado en 2020 y tiene una duración prevista de 3 años.

## RESULTADOS

Esta anualidad ha avanzado en el desarrollo de nuevas tecnologías y procedimientos para la digitalización y monitorización del usuario, así como para simular la respuesta en uso del calzado. Asimismo, se ha avanzado en la generación de un catálogo valorado de productos con información útil para las empresas del sector.

En cuanto a la digitalización y monitorización del usuario, se ha avanzado, por un lado, en la generación de tres bloques de nuevos parámetros: percentiles condicionados a la longitud del pie, para población general, mujeres y hombres; talla de calzado recomendada; categoría de arco del pie, o tipo de arco. Por otro lado, se ha avanzado en la definición de protocolos para la evaluación biomecánica del calzado infantil, en particular, en el calzado dirigido a los niños que comienzan a caminar. Para las empresas fabricantes de calzado infantil, poder disponer de metodologías para caracterizar sus productos les va a permitir mejorar sus diseños y adecuarlos a las necesidades específicas de esta etapa clave. Y, por otro lado, se ha avanzado en el conocimiento de la impresión 3D aplicada al diseño y fabricación de componentes de calzado, en particular, se ha definido un flujo de trabajo para el diseño y fabricación de entresuelas de estructura reticular para la impresión 3D (Figura 2).

En cuanto a la simulación de la respuesta en uso del calzado, se ha avanzado en mejorar y actualizar, por un lado, las metodologías para caracterizar la interacción persona-producto, y por otro, las metodologías para evaluar la respuesta funcional del producto. Se han optimizado las encuestas de confort, garantizando la repetibilidad y la trazabilidad entre estudios con empresas, y facilitando la generación y unificación del conocimiento futuro en materia de confort en calzado; se han programado nuevas variables de salida en el registro dinámico de presiones plantares para aportar un valor añadido a las empresas para entender y poder transmitir las propiedades de sus productos; se han mejorado las condiciones del ensayo dinámico de almohadillado

Figura 2. Esquema del flujo de trabajo.

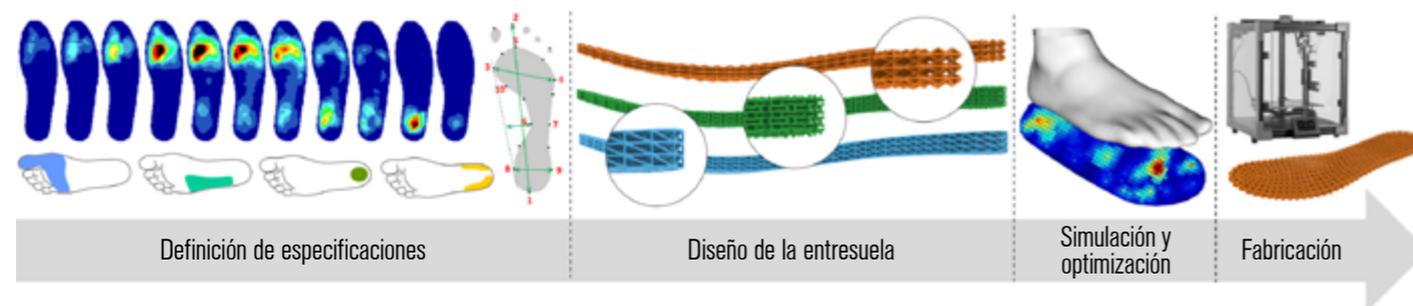




Figura 3. Ensayo dinámico de almohadillado.

(Figura 3), explorando nuevos parámetros y realizando cambios de criterios que proporcionen una mejor comprensión de la respuesta mecánica; y se han puesto a punto dos ensayos que permiten determinar aspectos clave de la respuesta en uso del calzado infantil.

En cuanto a generación de un catálogo valorado de productos, se ha realizado una revisión y recopilación de muestras de materiales y componentes de calzado -contando con algunas muestras aportadas por las empresas colaboradoras en el proyecto-, incluyendo materiales con prestaciones técnicas, fabricados mediante técnicas de fabricación rápida y materiales sostenibles y respetuosos con el medio ambiente. Estas muestras se han ensayado en relación a dos de las propiedades funcionales más importantes en calzado -amortiguación de impactos y distribución de presiones- para ampliar el catálogo valorado de productos. Contar con bases de datos de productos valorados actualizadas es un elemento fundamental para generar criterios de valoración funcional.

La aplicación de estas nuevas metodologías está permitiendo el desarrollo de una base de datos de propiedades de confort de materiales y componentes de última generación con un alto potencial innovador. Esta base de datos proporcionará a las empresas información sobre el confort y la sostenibilidad de los materiales y componentes disponibles actualmente en el mercado, frente a la que posicionar sus nuevos productos.

<https://www.ibv.org/proyectos-ivace/InnovacionBiomecanica09/>

## EMPRESAS PARTICIPANTES

Las empresas que han participado en esta iniciativa junto al Instituto de Biomecánica (IBV) han sido:

- INDACA, S.A.,
- LÁTEX DEL MEDITERRÁNEO, S.L.,
- DUYBA, S.L.,
- ANALCO AUXILIAR DEL CALZADO, S.A.U.,
- FOR SHOES, S.L.,
- INDACA HORMAS, S.L.,
- INYECTADOS MEGA, S.L.

Financiado por:



Cofinanciado por la Unión Europea

Nº expediente: IMDEEA/2021/24

# 3DBODY-HUB



## Herramientas para aplicar la antropometría 3D en el diseño de productos

Juan V. Durá Gil,  
Sara Gil Mora,  
Juan Carlos González García,  
Sandra Alemany Mut,  
Beatriz Nácher Fernández,  
Jorge Valero Zorraquino.

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

## INTRODUCCIÓN

El principal objetivo del proyecto 3DBODYHUB ha sido desarrollar una infraestructura para la gestión de bases de datos de formas de cuerpo tridimensionales y herramientas para analizar y extraer información que sea útil para diseñar productos y entornos adaptados a poblaciones objetivo en función del género, rangos de edad, etc. (Figura 1).

Este proyecto se inició en 2018 y ha tenido una duración de 4 años. Durante estos 4 años se ha generado una base de datos no relacional que gestiona más 47.000 escaneados de cuerpo completo, 2.900 escaneados de pie y 1.100 escaneados de mano, así como *software* para procesar los escaneados, obtener y analizar las medidas antropométricas de grupos de población específicos. En esta última anualidad se ha mejorado la infraestructura para incluir escaneados y procesar métricas



Figura 1. Propuesta conceptual de la plataforma 3DBODYHUB.

de niños. Se han añadido 2.798 escaneados de niños de hasta 12 años en diferentes posturas. Por último, se ha definido una METODOLOGÍA DE DISEÑO DE PRODUCTOS A PARTIR DE DATOS ANTROPOMÉTRICOS. Esta metodología se ha validado con estudios realizados en colaboración con las empresas y explica cómo introducir las nuevas técnicas desarrolladas en el Instituto de Biomecánica (IBV) para que los productos se ajusten mejor a la población objetivo, evitar deshechos, reducir costes y devoluciones.

## RESULTADOS

A continuación, se describen los principales resultados alcanzados en esta última anualidad.

### R1 Cinta métrica digital infantil

En este resultado se ha partido de los algoritmos desarrollados en anteriores anualidades adaptados para adultos. En esta anualidad se han desarrollado los algoritmos que permiten procesar escaneados de niños en diferentes posturas para obtener medidas adaptadas a las necesidades de las empresas que desarrollan productos para la infancia.

El IBV ha desarrollado en los últimos años algoritmos de reconstrucción de escaneados 3D humanos. Estos algoritmos permiten obtener una malla única y cerrada, en la que las partes no escaneadas por oclusión son reconstruidas utilizando información de nuestra base de datos antropométrica. Además, todos los

modelos 3D obtenidos tienen una misma tipología de malla. Esto quiere decir que el número de vértices de todos los modelos 3D generados es el mismo y que, además, cada uno de los vértices se encuentra situado sobre el mismo punto anatómico en todos los modelos. Es decir, si el vértice X se corresponde con el mentón de un modelo, el vértice X de cualquier modelo se corresponde con su mentón.

Sin embargo, el algoritmo también presenta algunos inconvenientes. Uno de los principales es que su éxito está fuertemente limitado por la postura adoptada por el modelo durante el escaneo. En particular, el modelo debe ser escaneado en la postura que muestra la siguiente figura.

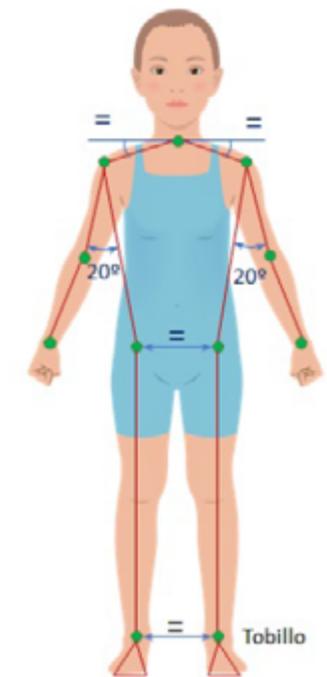
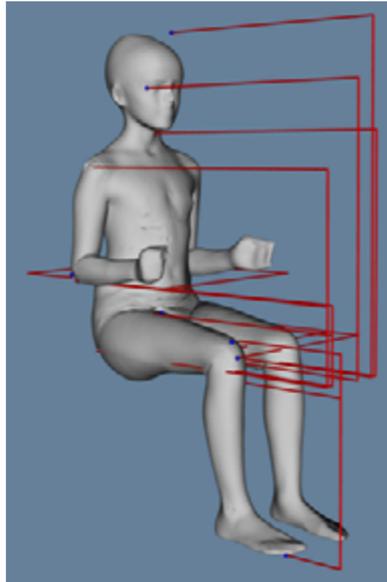


Figura 2: A-Pose.

A lo largo de 2021 se han creado nuevos algoritmos para permitir el escaneo de modelos humanos en otras posturas. El eje central de estos algoritmos es el uso de un esqueleto para definir y alterar las posturas. Se trata de un esqueleto digital con un reducido punto de uniones (*joints*), pero que da la flexibilidad necesaria para representar modelos en cualquier postura. Por ejemplo, los brazos tienen un total de 3 *joints*, uno situado a la altura del hombro, otro en el codo y otro en la muñeca.

De esta forma es posible obtener métricas en posturas sentado, con los brazos extendidos, etc. Gracias a esto se han podido

Figura 3: Cinta métrica digital aplicada a un niño sentado



desarrollar los algoritmos que permiten procesar escaneados de niños para obtener medidas para diseñar ropa, mobiliario, juguetes, etc. Se ha generado una cinta métrica digital que permite medir alcances, alturas en asientos, etc.

### R2 Software para la generación de tablas de tallas y maniqués 3D

En este resultado se ha partido del prototipo funcional desarrollado en la anterior anualidad con herramientas para conservación, gestión y visualización de datos 3D. Con este resultado las herramientas se integran en un *software* con interface con mayor usabilidad y con nuevas utilidades:

- Mejorando funcionalidades existentes en la definición de la población objetivo y en la ficha de medidas y tallas.

- Añadiendo nuevas funcionalidades: Estadísticas de medidas del cuerpo y tablas “*size-span*”.

En la aplicación al filtro por sexo se ha añadido una cuarta opción a las tres ya existentes (masculino, femenino, ambos): Ambos equilibrado. Esta opción permite seleccionar sujetos de ambos sexos, pero igualando el número de hombres y el de mujeres para que la muestra sea equilibrada.

Además, se han añadido distintas opciones para la generación de gráficas por tallas (Figura 4), y una ventana que permite comprobar cómo se distribuyen los sujetos de la población objetivo para las dos medidas cuerpo que se seleccionen. Para ello hay que definir los rangos para las dos medidas, estos rangos se usan para dividir en tramos cada medida y construir la tabla *size-span*.

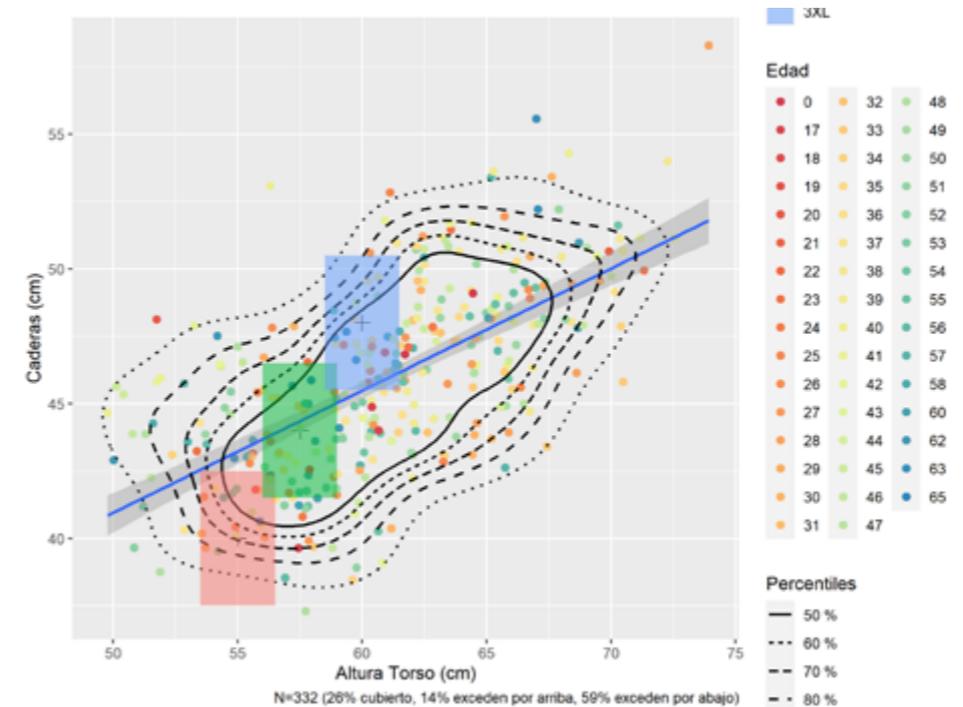
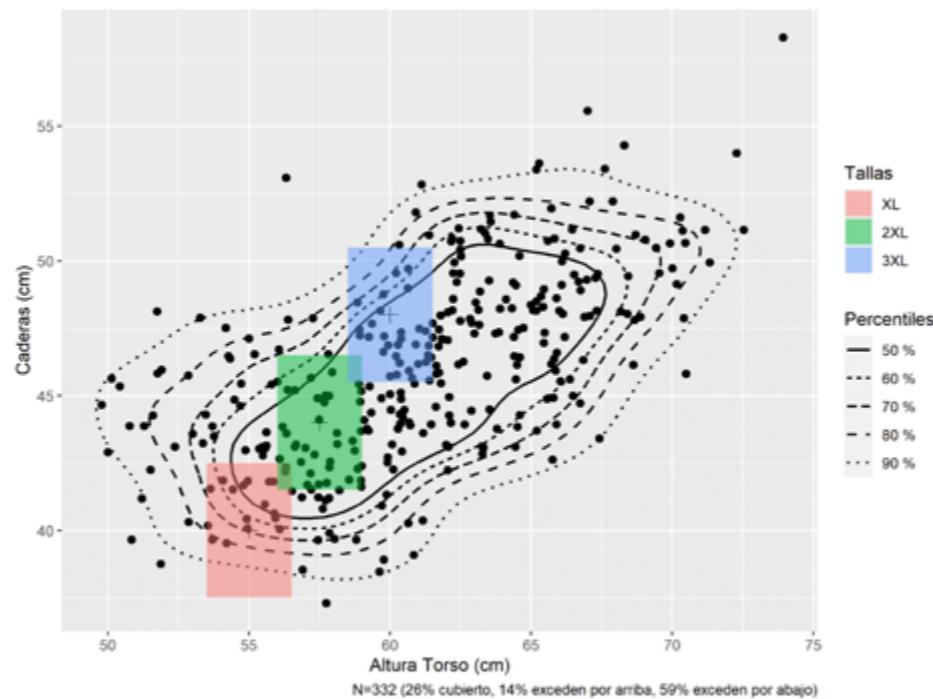


Figura 4: Gráficas de tallas (las cajas de colores representan una talla)

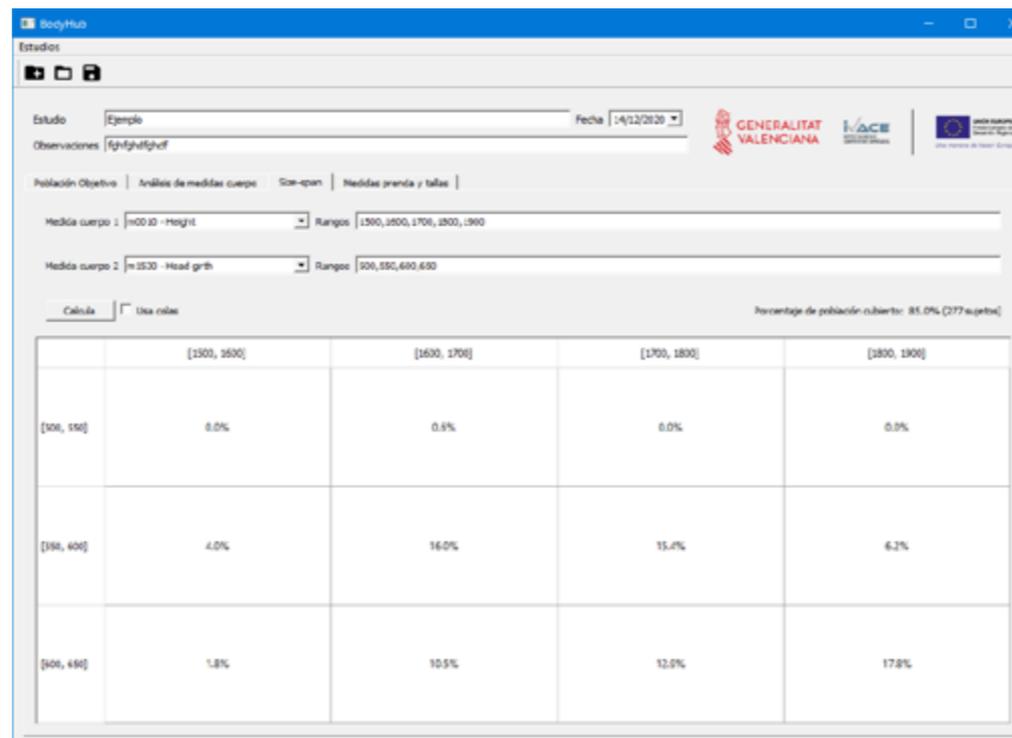


Figura 5: Vista SIZE-SPAN

En dicha vista, cada cuadro muestra el porcentaje de población que cumple con los tramos de cada medida (Figura 5).

Este *software* analiza la base de datos generada durante el proyecto 3DBODYHUB y proporciona la información que se utiliza en la metodología del resultado R3.

### R3 Metodología de diseño de productos a partir de datos antropométricos.

Esta metodología se ha validado en los estudios de viabilidad realizados en colaboración con empresas del sector de la ropa y calzado, y además se presentó en el seminario "Optimización del ajuste en la confección de prendas (3DBODYHUB)" organizado con la colaboración de ASEPRI el 18 de noviembre de 2021.

La metodología explica cómo introducir las nuevas técnicas desarrolladas en el IBV gracias al proyecto 3DBODYHUB, y otros relacionados en el ciclo de diseño de la ropa, para que los productos se ajusten mejor a la población objetivo, evitar desechos, reducir costes y devoluciones.

Las técnicas desarrolladas por el IBV durante las 4 anualidades pueden ser utilizadas en diferentes fases del ciclo de diseño para:

- Definir modelos tipos.
  - a. Basados en un sujeto real. En el caso de modelos infantiles contar con un modelo real es muy difícil porque los niños crecen, y rápidamente dejan de servir como modelos. Por ello lo habitual es utilizar maniqués. Pero

Figura 6: Metodología. Ciclos de Diseño y Tallaje

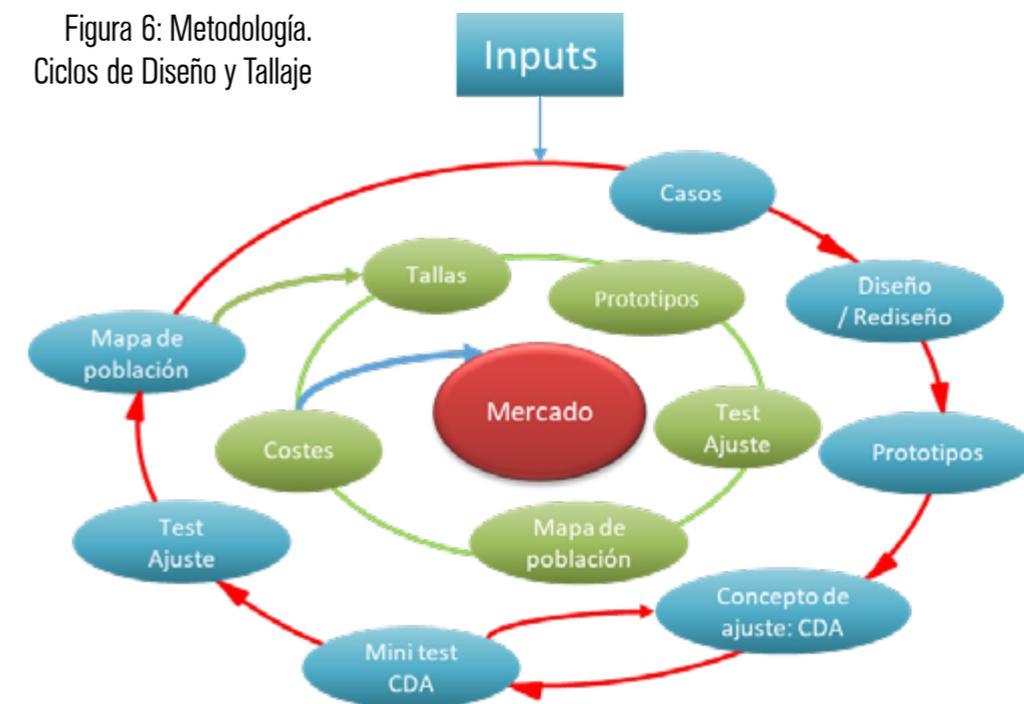


Figura 7: Escaneado MOVE 4D



gracias al proyecto 3DBODYHUB para la obtención del modelo 3D de una persona ya no es necesario utilizar escáneres costosos de cuerpo completo. Gracias a los algoritmos entrenados con bases de datos generadas en el proyecto 3DBODYHUB se pueden utilizar aplicaciones móviles que proporcionan una precisión más que suficiente para el diseño de productos con errores inferiores al cm. O utilizar escaneados más precisos. La siguiente imagen muestra un modelo 3D generado con la tecnología MOVE 4D desarrollada en el IBV. La tecnología del MOVE 4D permite escaneados muy rápidos con el sujeto en movimiento. En el caso de niños esta tecnología es ideal porque les resulta más difícil conservar una postura estática mucho tiempo.

b. Además, durante los 4 años del proyecto 3DBODYHUB, técnicas de análisis de datos 3D que permiten analizar una base de datos 3D y generar modelos tipos. De esta forma podemos tener una visión más completa de los diferentes morfotipos de personas que hay en la población y tomar mejores decisiones a la hora de diseñar nuestro producto.

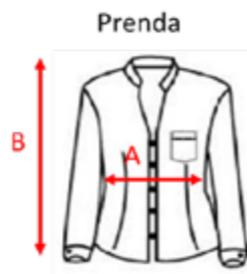
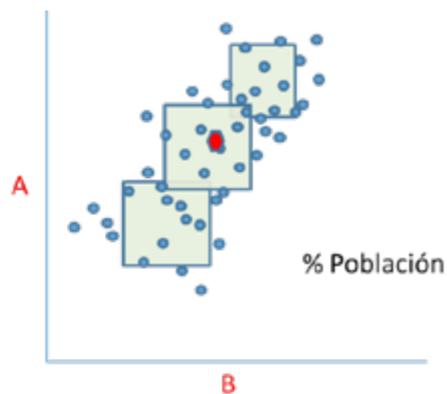


Figura 8: Mapa de tallas y población

- Definir holguras y tolerancias para generar un mapa de tallas y calcular el porcentaje de población cubierto por las tallas. De esta forma se pueden tomar decisiones sobre el número de tallas que se quieren fabricar, o cambiar la gradación de tallas para ajustarse mejor a la población objetivo (Figura 8).
- Generar algoritmos para asignación de tallas que utilicen datos que el cliente puede proporcionar con facilidad: género,

edad, altura y peso. Hoy en día, la venta *online* supone un alto porcentaje de la venta total de las empresas, siendo las devoluciones uno de los principales problemas a los que se enfrentan. Según algunos estudios en el ámbito de la moda se devuelve cerca del 30% de las prendas que se han comprado *online*. Así, el hecho de reducir las devoluciones tiene un impacto importante en el beneficio obtenido. Por este motivo, resulta vital investigar y desarrollar nuevas metodologías y procedimientos que permitan reducir de forma considerable estas devoluciones.

## EMPRESAS PARTICIPANTES

Las empresas que han participado en esta iniciativa junto al Instituto de Biomecánica (IBV) han sido:

- TUTTO PICCOLO S.A,
- RAMON ESPI S.L.,
- R & J CAMBRASS S.,
- AMAYA FASHION FOR KIDS, S.L.
- Especial agradecimiento a la Asociación de Productos para la Infancia (ASEPRI) por su colaboración en el proyecto. ■

Financiado por:



Nº expediente: IMDEEA/2021/26

## Aplicación de la Inteligencia Artificial al análisis biomecánico

Úrsula Martínez-Iranzo,  
Enric Medina-Ripoll,  
Gonzalo Utrilla Redondo,  
Cristina García Bermell,  
Ignacio Bermejo Bosch,  
Juan López Pascual.

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

## INTRODUCCIÓN

El diseño y evaluación de productos y servicios en diferentes sectores se basa, cada día en mayor medida, en datos relativos a características funcionales de las personas. Los estudios biomecánicos son capaces de proveer dicha información, pero el alto coste de estos estudios supone un impedimento para la mayoría de empresas. Las soluciones virtuales mediante *software* de simulación suponen una alternativa económica. Adicionalmente, las técnicas de Inteligencia Artificial (IA) pueden contribuir también a mejorar tanto las técnicas de registro como los modelos biomecánicos.

El Instituto de Biomecánica (IBV) ha realizado en 2021 la segunda anualidad correspondiente del proyecto BIOMECAIA (Aplicaciones de inteligencia artificial y modelado biomecánico de productos, procesos y servicios). El objetivo de este proyecto es la generación de herramientas que permitan obtener criterios de diseño de productos y servicios, en base a la investigación en modelos biomecánicos y métodos de análisis basados en IA.

En la primera anualidad del proyecto se realizó una exploración de las necesidades de las empresas a través de entrevistas, en relación a la valoración y el diseño de producto, y se detectaron líneas de trabajo relacionadas con los sectores salud, prevención, orto-protésico y tecnológico. Los resultados que se obtuvieron fueron: la puesta a punto de una metodología ágil de caracterización biomecánica de miembro superior; un

# BIOMECAIA



estudio de viabilidad del uso de modelos biomecánicos para el uso en valoración funcional; un estudio del uso de modelos biomecánicos para el uso en prevención; y un método de ensayo para la valoración de producto en fases tempranas de diseño.

Durante la segunda anualidad del proyecto, se ha seguido avanzando a partir de las líneas de trabajo planteadas en el año anterior relacionadas con la obtención de criterios de diseño de productos y servicios basados en la investigación en modelos biomecánicos y métodos de análisis basados en IA. Estas líneas de trabajo se centran en los siguientes sectores:

- **Sector salud:** continuando con lo desarrollado en la anterior anualidad en lo referente a la detección y puesta a punto de un sistema ágil para el proceso de rehabilitación de mutuas.
- **Sector laboral:** generación de metodologías basadas en modelos biomecánicos junto con entornos virtuales para la simulación de puestos de trabajo que permitan agilizar su proceso de diseño y evaluación, aportando datos objetivos.

## RESULTADOS

A continuación, se describen los principales resultados correspondientes a la segunda anualidad del proyecto, en lo referente a los dos sectores en los que se ha trabajado:

## R1: Entorno de realidad para la evaluación ergonómica del puesto de trabajo

El primer resultado alcanzado durante la presente anualidad es un entorno y una metodología asociada para la evaluación ergonómica virtual del puesto de trabajo. De esta manera, el entorno que se ha desarrollado ofrece la posibilidad de evaluar un puesto de trabajo de manera ergonómica mediante realidad virtual. Dicho entorno presenta tres zonas diferenciadas (Figura 1). En primer lugar, la pantalla principal permite la visualización del

puesto de trabajo modelado en el escenario virtual (Figura 1-1). Esta pantalla permite al analista ver en tiempo real lo mismo que está viendo el trabajador mientras realiza la tarea. En la parte superior derecha se muestra la imagen del trabajador captada a través de una cámara RGB sincronizada con el entorno (Figura 1-2). Adicionalmente, en la parte inferior derecha, se muestra una valoración del riesgo del trabajador en base a la postura adoptada (Figura 1-3). Una vez que se ha finalizado la sesión de registro, es posible obtener la distribución de posturas (en porcentaje) en función del nivel de riesgo.

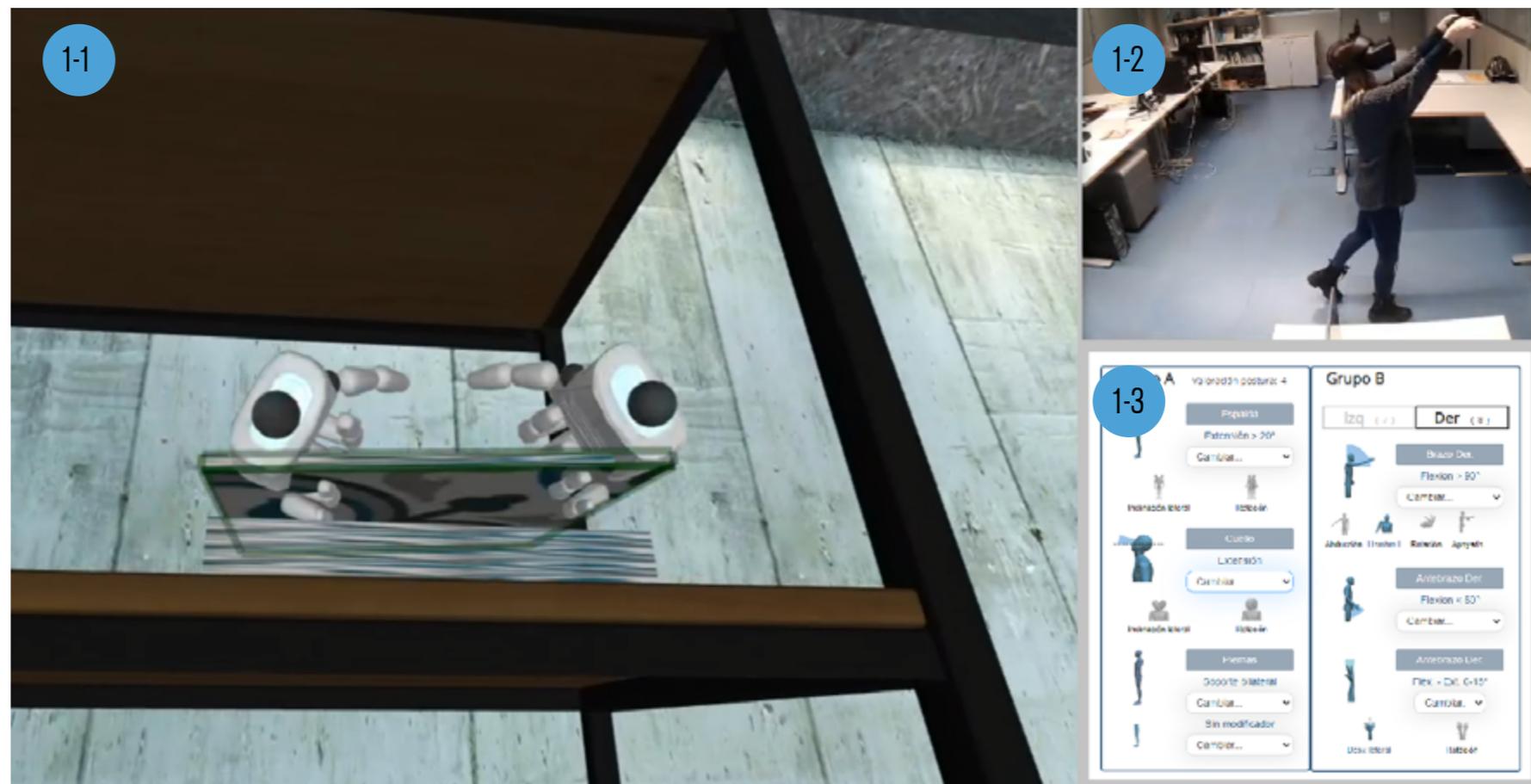


Figura 1. Dispositivo inalámbrico de registro de fuerza y movimiento.

## R2: Método ágil de valoración para su uso en contexto clínico

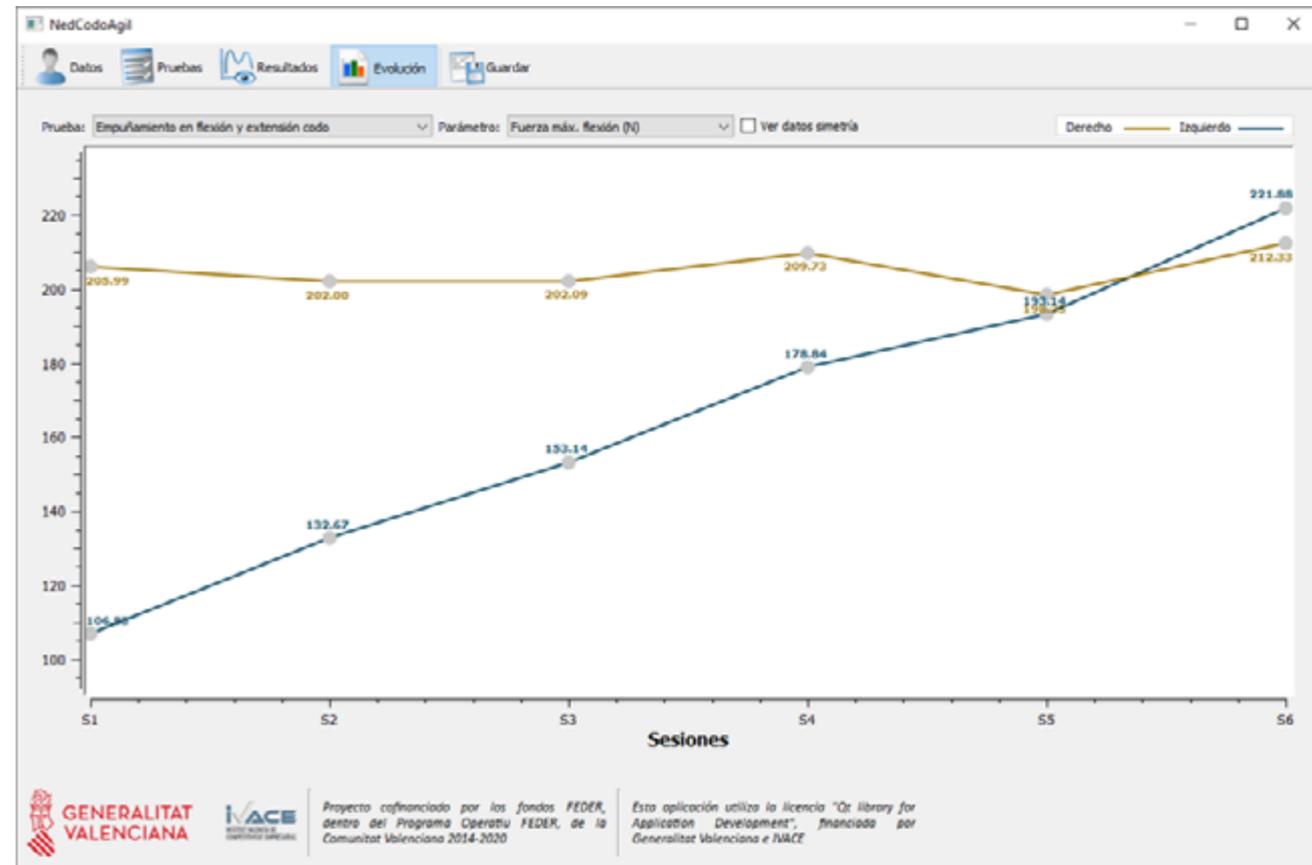
Se ha desarrollado un prototipo funcional (Figura 2) para su uso en contexto clínico que ofrece información de carácter biomecánico, de manera ágil y objetiva. Este dispositivo está diseñado para el registro de medidas relacionadas con la articulación del codo. La anualidad anterior se centró en el desarrollo del *hardware* y del *firmware*. Este año, se ha implementado un *software* de registro para el dispositivo junto con la empresa colaboradora UMIVALE.

Figura 2. Algoritmo de IA especializado en detección de articulaciones.



El programa está compuesto por cinco módulos correspondientes a Datos, Pruebas, Resultados, Evolución y Guardar, siendo los módulos Resultados y Evolución los más importantes. En primer lugar, en Datos, se registra al paciente o se accede a los datos de alguno ya registrado; en Pruebas, se selecciona el ejercicio a realizar y se inicia el registro con el dispositivo; una vez finalizada la prueba, pueden visualizarse todos los registros a nivel gráfico en Resultados; finalmente, en Evolución (Figura 3), puede observarse el seguimiento del paciente y su recorrido a nivel clínico. El programa también implementa cálculos de parámetros específicos para la caracterización de la articulación de codo.

Figura 3. Ejemplo de la ventana Evolución del *software* de registro del dispositivo.



Para estudiar el valor de concordancia entre sesiones y valoradores, así como la comparativa frente al sistema de referencia, se han llevado a cabo dos ensayos de laboratorio: un estudio comparativo del sistema desarrollado con respecto a la fotogrametría; y un estudio de fiabilidad y concordancia.

El primer estudio ha consistido en evaluar a 17 sujetos sanos, sin patologías o molestias en miembro superior. De estos ensayos se ha obtenido que el dispositivo y el *software* registran dentro de los rangos que ofrece la fotogrametría, por lo que lo establece como un sistema de medida válido. El segundo estudio ha consistido en evaluar la fiabilidad inter-sesión (mismo valorador) e inter-observador en el que 2 valoradores han realizado la misma prueba a 17 sujetos sanos durante dos días diferentes. Este estudio se ha evaluado mediante el valor del Índice de Correlación Intraclase (ICC). Los resultados indican una buena concordancia.

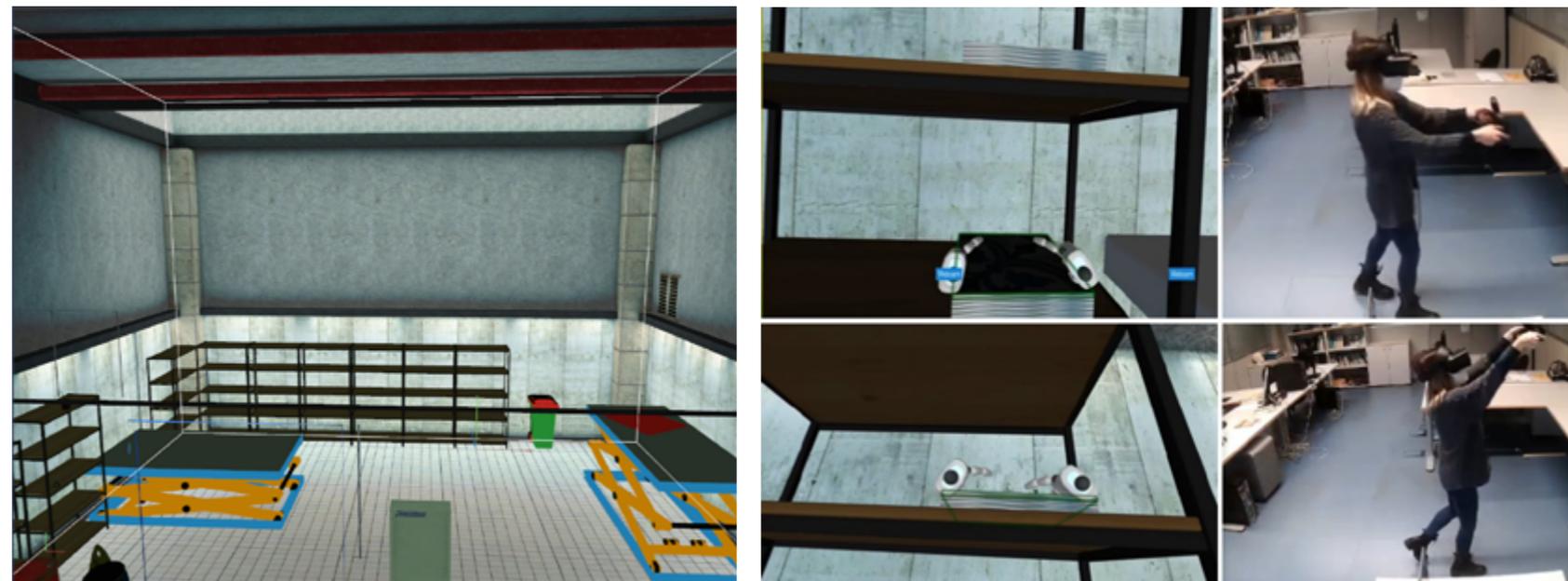
## Estudios de viabilidad

Durante la fase final del proyecto se han realizado los estudios de viabilidad técnica en colaboración con las empresas interesadas. Para ello, se han llevado a cabo una serie de estudios para validar la utilidad de los resultados alcanzados en el proyecto en el día a día de las empresas colaboradoras::

- **Estudio de viabilidad del método ágil de valoración para su uso en contexto clínico:** en colaboración con la mutua UMIVALE, se ha testeado el sistema desarrollado, recogiendo las sugerencias por parte de la empresa de cara a obtener un segundo prototipo capaz de cumplir las expectativas de las empresas del sector.

Una vez rediseñado el prototipo, se cedió a diferentes empresas de cara a cumplir un estudio de viabilidad. Con las empresas se acordó: un criterio de inclusión de los pacientes,

Figura 4: Ejemplo de configuración del puesto de trabajo (izquierda). Evaluación virtual del puesto de trabajo (derecha).



un protocolo de medida y los métodos de recogida de datos para el estudio. Además, se ha planteado y prediseñado la posibilidad de integración de estos resultados a los sistemas de gestión de las mutuas. Las empresas que colaboraron en este estudio fueron las mutuas UMIVALE y UNIÓN DE MUTUAS. También colaboraron empresas de fisioterapia coordinadas por la Facultad de Fisioterapia (Universitat de València) para dirigir los estudios de validación.

- **Estudio de viabilidad del entorno de realidad para la evaluación ergonómica del puesto de trabajo:** mediante la colaboración de Unimat Prevención, se ha contado con la participación de la empresa HALCÓN CERÁMICAS, que fue la que proporcionó un puesto de trabajo para su evaluación ergonómica mediante el entorno de realidad virtual.

Una vez obtenido el puesto de trabajo a evaluar, se ha diseñado un entorno en realidad virtual para reproducir la tarea y las principales características del puesto de trabajo.

Con el objetivo de mostrar las posibilidades del entorno y la metodología desarrollados en el proyecto se ha definido un ensayo (Figura 4) para evaluar diferentes configuraciones del puesto de trabajo de manera virtual. Los resultados del ensayo sirven para demostrar que la realidad virtual permite la configuración y evaluación de diferentes entornos de trabajo de un modo rápido y sencillo, sin contar con los elementos físicos del puesto de trabajo.

## EMPRESAS PARTICIPANTES

Las empresas que han participado en esta iniciativa junto al Instituto de Biomecánica (IBV) han sido:

- UMIVALE (Mutua colaboradora de la Seguridad Social nº 15),
- UNIMAT PREVENCIÓN S.L.,
- MUTUA UNIVERSAL,
- UNIÓN DE MUTUAS,
- PLAY&GO,
- FISIOTERAPIA MARÍTIM,
- STILLNESS SPAI SALUT,
- GRUPO HALCÓN CERÁMICAS.

Financiado por:



Cofinanciado por  
la Unión Europea

Nº expediente: IMDEEA/2021/28



## Salud 4.0 y Bienestar: Diagnóstico y tratamiento de problemas circulatorios y respiratorios con tecnología sin contacto y de bajo coste, mediante imagen térmica 3D e Inteligencia Artificial

Consuelo Latorre Sánchez,  
Elisa Signes Pérez,  
Mateo Izquierdo Riera,  
Andrés Soler Valero,  
Juan Antonio Solves Llorens,  
Joaquín Sanchiz Navarro,  
Ricardo Bayona Salvador,  
José Manuel Rojas Artuñedo,  
Carlos M. Atienza Vicente y  
José Laparra Hernández.

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

## INTRODUCCIÓN

La actual situación de pandemia por la aparición del COVID-19 ha incrementado la demanda y familiarización de la población con las cámaras infrarrojas y su interpretación térmica. La radiación infrarroja y la tecnología detrás de ella se han convertido en una oportunidad para desarrollar nuevas aplicaciones no solo para el presente sino también para el futuro.

El Instituto de Biomecánica (IBV) ha desarrollado soluciones innovadoras basadas en esta tecnología para afrontar nuevos retos, **desde determinar el efecto de una mascarilla en la frecuencia respiratoria y en el confort térmico, hasta ayudar a los médicos a diagnosticar determinadas enfermedades respiratorias o cardiovasculares.**

Dentro del proyecto CALORIAS (“La respuesta térmica de las personas, aportando color al calor para la personalización de productos y tratamientos”) se han implementado metodologías innovadoras basadas en el análisis de imágenes térmicas, que permiten detectar problemas circulatorios, vasculares y el efecto de determinadas terapias, cosméticos y tratamientos. Estas metodologías se han implementado con **técnicas de Inteligencia Artificial** en una **base de datos propia** del IBV de imágenes infrarrojas de una amplia gama de cámaras, desde sistemas de alto coste y precisión para laboratorio, hasta soluciones de bajo coste para su uso en clínicas y centros de bienestar. Esta base de datos de usuarios se compone de

más de 30.000 termografías y secuencias, en una amplitud térmica desde  $-5^{\circ}\text{C}$  hasta  $+40^{\circ}\text{C}$ , con diferente indumentaria y posturas.

La información térmica se ha integrado con aplicaciones basadas en **escáneres antropométricos**, permitiendo aunar **forma, postura, movimiento y variaciones de la temperatura**. La combinación de **información térmica y antropométrica 2D y 3D y técnicas de Visión Artificial**, ha permitido la **reconstrucción 3D** en tiempo real de una zona del cuerpo, con un sistema sencillo y de bajo coste, compuesto por una cámara térmica de visión artificial y un sensor de profundidad (Figura 1).

Este proyecto se inició en 2021 y ha tenido una duración de 2 años.

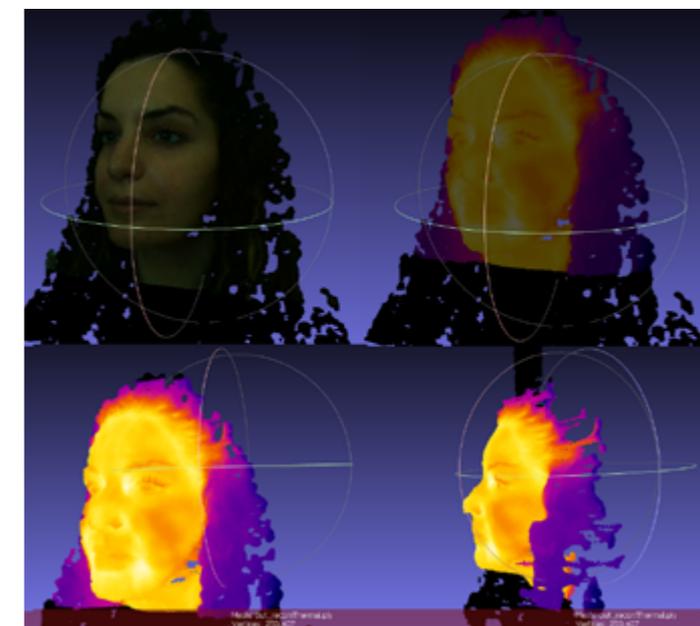


Figura 1. Reconstrucción 3D térmica y visible en tiempo real. Fusión y sincronización de imágenes.

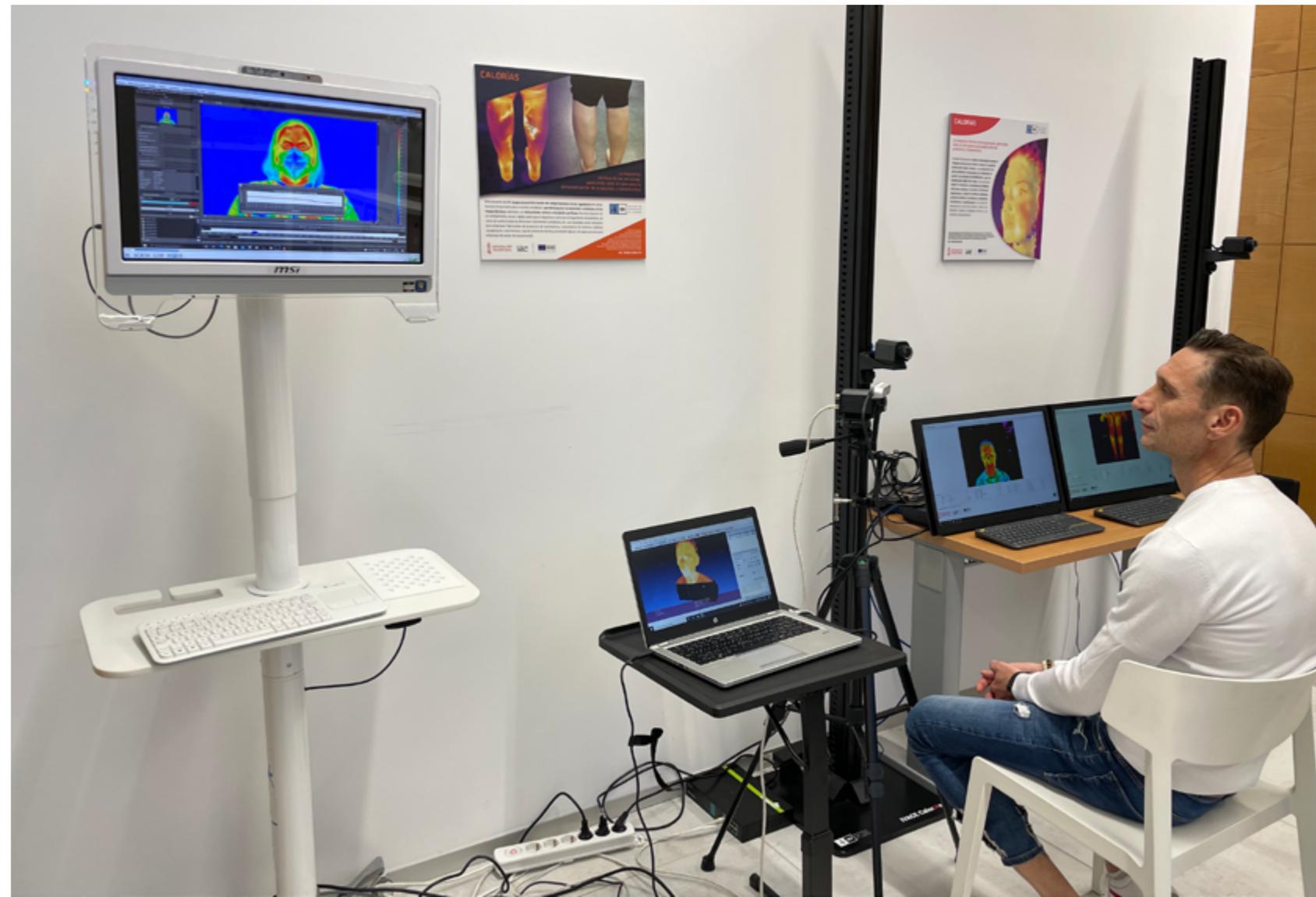
## RESULTADOS

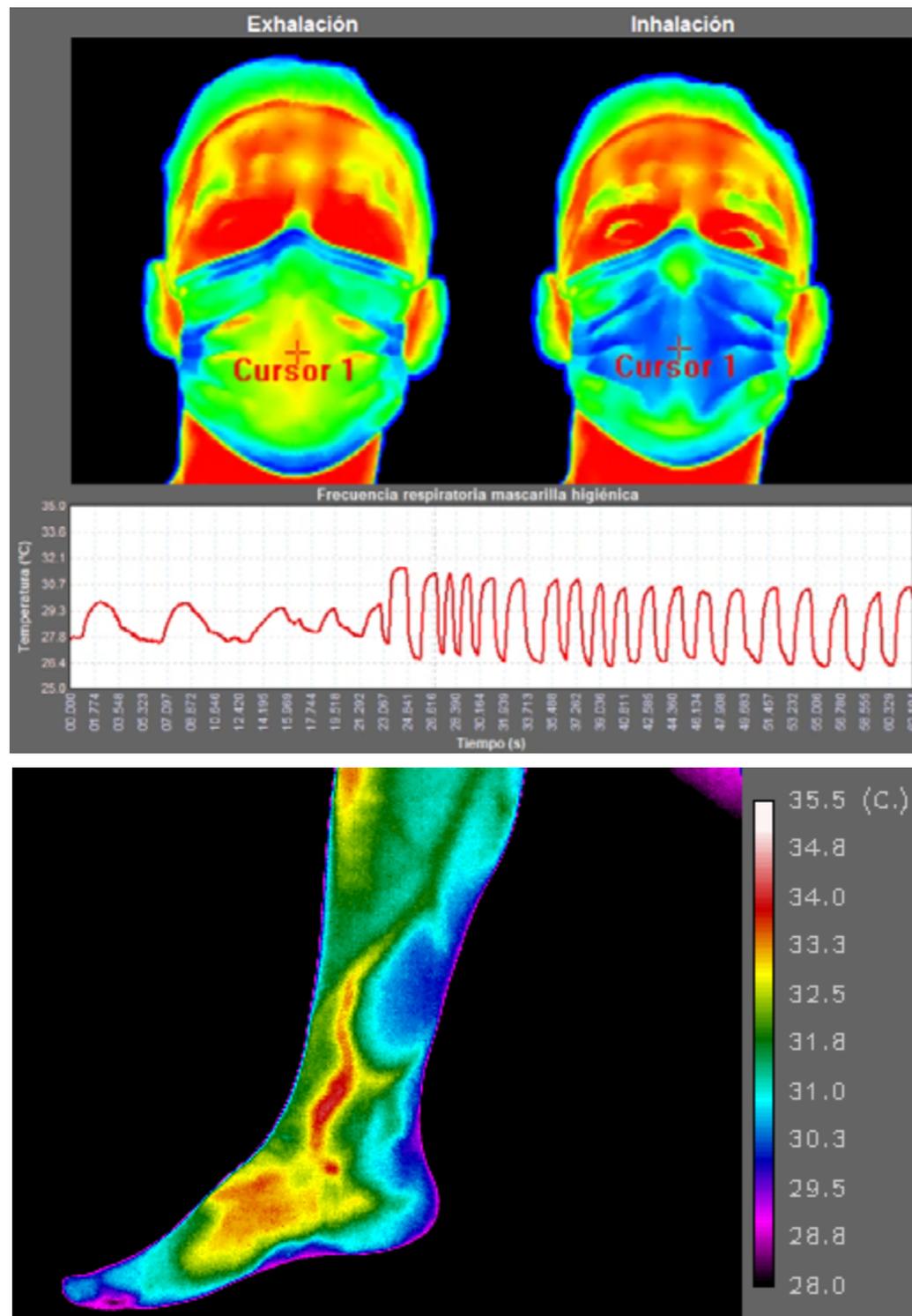
A través de la investigación, la experimentación y la validación de usuarios, el IBV innova constantemente en el campo de la imagen térmica infrarroja y sus aplicaciones en el bienestar de las personas, basándose en el análisis de imágenes térmicas y el empleo de tecnología de escaneado 3D y de inteligencia artificial. El primer resultado obtenido ha sido el desarrollo de un equipamiento integral, modular, con *software* dedicado para facilitar el protocolo y la metodología de análisis con varias cámaras

térmicas. Algunos sistemas térmicos configurados con este equipamiento se han instalado en empresas colaboradoras y otros se han puesto a punto en demostraciones en los laboratorios del IBV (Figura 2).

Otro de los resultados, con mayor impacto ha sido la reconstrucción 3D de una zona del cuerpo en tiempo real mediante un sistema sencillo formado por una cámara térmica de visión artificial y un sensor de profundidad de bajo coste. De esta forma se ha conseguido unificar la información térmica de las imágenes

Figura 2. Equipo de monitorización y reconstrucción 3D en demostración para las empresas colaboradoras.





infrarrojas con información antropométrica 2D y 3D. Esta unificación permite el futuro desarrollo de aplicaciones para evaluar la interacción usuario-producto y la caracterización de patologías en pacientes.

Las empresas colaboradoras en el proyecto han probado los sistemas de monitorización infrarroja y la adaptación de la reconstrucción 3D. Se ha mejorado el *software* de visualización de imagen térmica

Figura 3. Arriba: Evaluación de la respiración, control de fugas y detección de la frecuencia respiratoria con imagen térmica. Abajo: Visualización térmica para análisis circulatorio.

para que el profesional médico pueda visualizar mapas térmicos e información de temperatura y poder hacer un seguimiento de los usuarios con las imágenes, obteniendo resultados satisfactorios por la utilidad de las pruebas térmicas y por la facilidad de uso del sistema. Como ejemplo de las demostraciones realizadas pueden citarse las siguientes:

- Demostrador para BIONICIA para la caracterización de mascarillas desde el punto de vista de confort y resistencia a la respiración, evaluando diferentes materiales y formas, frecuencia respiratoria y el correcto ajuste y sellado a la cara. (Figura 3).
- Demostrador para SESDERMA para el diagnóstico y seguimiento de un trastorno inflamatorio facial conocido como rosácea, el cual puede generar erupciones cutáneas similares al acné, enrojecimiento y sensación de quemazón en pómulos, mentón, nariz y frente. Este trastorno se ha incrementado recientemente por el uso generalizado de la mascarilla entre la población.

Con las tecnologías desarrolladas se proporciona información del comportamiento termo-regulatorio del cuerpo humano permitiendo relacionar cambios en los mapas térmicos con determinadas patologías o con el efecto de determinado tratamiento. De esta forma, se puede avanzar en la detección y tratamiento de afecciones cutáneas, de varices o de lesiones articulares.

A lo largo de los próximos años se irá incorporando y mejorando mediante técnicas de inteligencia artificial y librerías OpenCV (visión artificial) la detección de puntos clave, la medi-

da automática de la temperatura o el reconocimiento facial del usuario para saber su género, edad o índice de masa corporal (Figura 4).

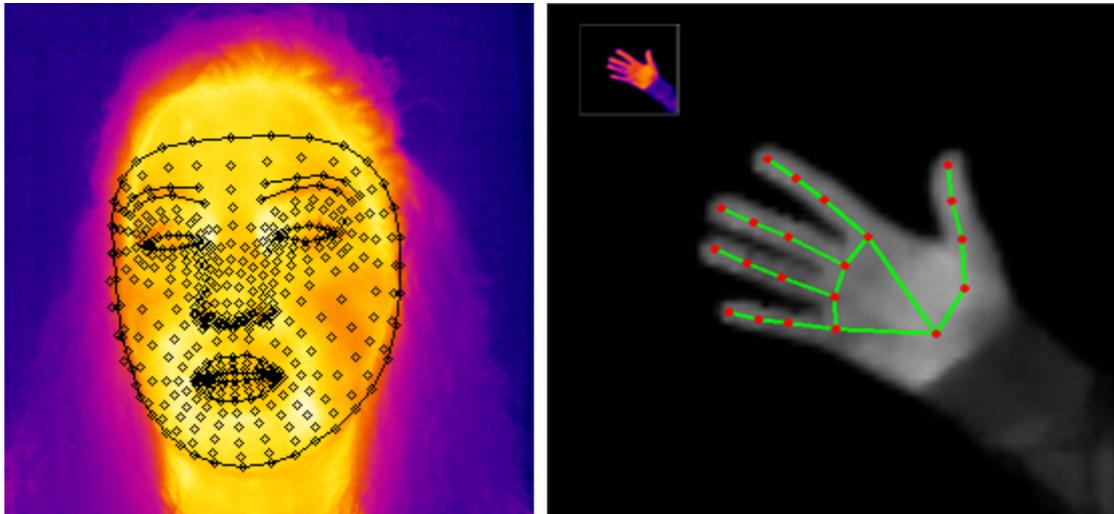


Figura 4. Medida automática de la temperatura con algoritmos de inteligencia artificial en la cara y mano, a través de la detección de puntos clave.

## EMPRESAS PARTICIPANTES

Las empresas que han participado en esta iniciativa junto al Instituto de Biomecánica (IBV) han sido:

- **Information Storage, S.L.**, empresa en el sector de la Imagen Médica, que ofrece soluciones integrales para el sector sanitario.
- **Mercé V. electromedicina, S.L.**, empresa especializada en electromedicina que distribuye y dota de equipamiento a numerosos hospitales.
- **SESDERMA S.L.**, empresa dedicada a la investigación, desarrollo y fabricación de productos dermocosméticos.
- **Exploraciones Radiológicas Especiales, S.L. (ERESA)**, empresa dedicada al diagnóstico y seguimiento de enfermedades osteoarticulares y otras patologías.
- **Bioinicia**, empresa dedicada al desarrollo de materiales para productos biomédicos, farmacéuticos y cosméticos.
- **Venue Network**, empresa dedicada a la ingeniería de sistemas de comunicación audiovisual, para, por ejemplo, quirófanos inteligentes.
- **Analog Devices**, empresa que diseña sistemas de procesamiento de señal para, entre otros, el mercado de la salud. ■

Financiado por:



Cofinanciado por la Unión Europea

Nº expediente: IMDEEA/2021/29



## Inteligencia Artificial para una experiencia deportiva óptima: innovación para la mejora de la salud y el rendimiento de deportistas

Luis I. Sánchez Palop,  
José Laparra Hernández,  
Laura Magraner Llavador,  
Fernando Gómez Sendra,  
Juan Carlos González García.

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

## INTRODUCCIÓN

El proyecto EYESPORT 2021 es la continuación del trabajo iniciado en 2020 dentro del ámbito de la mejora tanto del rendimiento como de la seguridad de los deportistas empleando herramientas de Inteligencia Artificial (IA). Para tal fin, se han desarrollado diversas líneas de investigación, tanto desde el prisma del propio deportista y la caracterización del gesto deportivo, como de la mejora de las superficies y pavimentos deportivos.

Durante 2021 se ha trabajado en el empleo de técnicas de reconstrucción 4D y termográficas para estudiar los efectos de la actividad física sobre el deportista, el análisis de la estabilidad rotacional de la rodilla en el baloncesto para tratar de prevenir la aparición de lesiones a través de una detección temprana de indicadores que anuncien un riesgo latente, y se ha trabajado en el desarrollo de una técnica de identificación de defectos y caracterización del estado de superficies deportivas de césped artificial para contribuir a que las condiciones de juego sean idóneas en términos de seguridad y de rendimiento.

## RESULTADOS

El trabajo desarrollado en EYESPORT se divide en dos grandes líneas de investigación: el análisis de los movimientos humanos y la mejora de las superficies deportivas. A lo largo de las dos anualidades del proyecto, 2020-2021, se ha ido avanzando en

el estudio de la aplicación de la IA para mejorar las condiciones en las que los deportistas practican su actividad deportiva.

Dentro de la línea de análisis de los movimientos humanos, durante el año 2021 se ha avanzado en aquellas innovaciones más prometedoras de las planteadas al inicio del proyecto. En concreto, se ha apostado por la aplicación de las técnicas de escaneado 4D y termográfica de forma conjunta para estudiar la actividad muscular del deportista, y la evaluación de la estabilidad de rodilla para prevenir la aparición de lesiones.

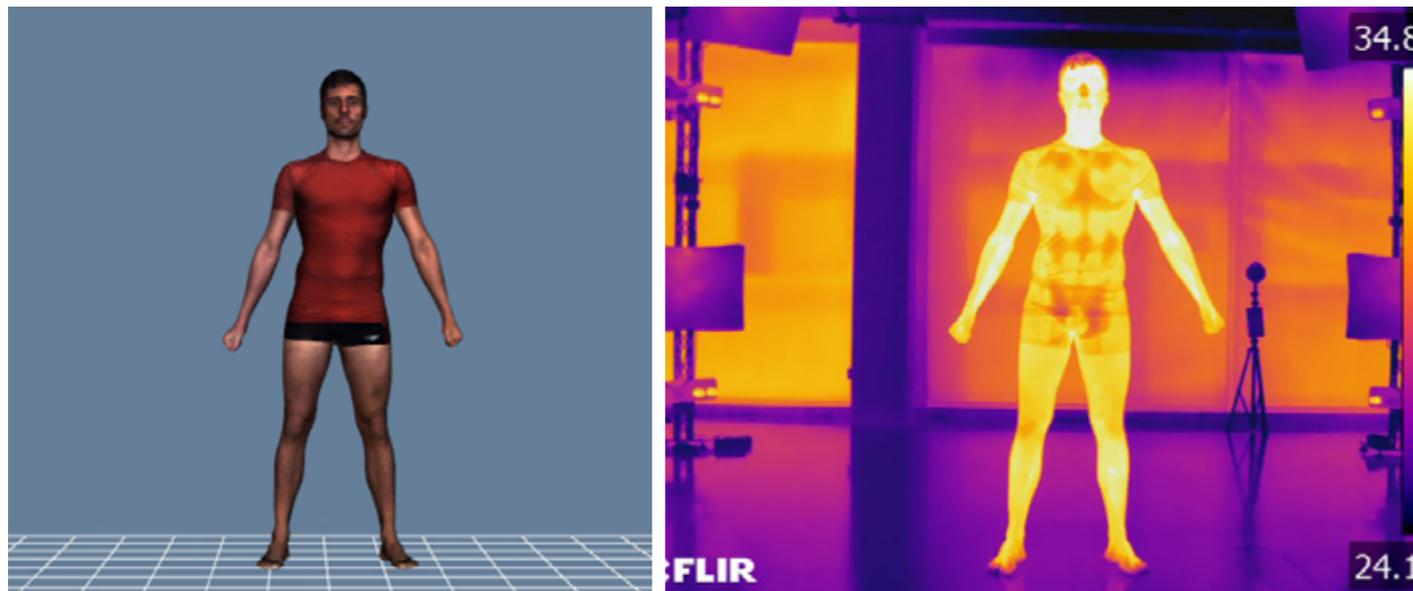


Figura 1. Escaneado 4D de diferentes actividades deportivas: ciclismo y baloncesto.

El escaneado 4D es una tecnología puntera que permite reconstruir en 3D el movimiento de las personas, en este caso deportistas. Dar el salto de los escaneados 3D estáticos al 4D ha supuesto la aparición de una herramienta de gran utilidad en numerosos ámbitos, entre los que se encuentra el deporte. Además, el Instituto de Biomecánica (IBV) ha trabajado en la generación de mallas homólogas que permiten dar un paso más y caracterizar de forma unívoca la localización de cada punto del cuerpo a lo largo del movimiento, abriendo un nuevo mundo de posibilidades de investigación del gesto deportivo sin la necesidad de emplear incómodos marcadores externos adheridos al cuerpo que pueden interferir en los movimientos del deportista.

En EYESPORT se ha aplicado el escaneado 4D en conjunción con la termografía, tecnología que permite conocer la temperatura superficial de objetos y personas, para la caracterización de la actividad muscular durante la realización de ejercicio físico.

Figura 2. Caracterización de la actividad muscular durante la realización de ejercicios de fuerza empleando técnicas de escaneado 4D (izquierda) y termográficas (derecha).



Conocer los efectos que diferentes ejercicios tienen sobre los deportistas resulta de gran interés para la mejora del rendimiento y la salud de los deportistas, ya que permite optimizar el diseño y planificación de rutinas de entrenamiento.

Los resultados obtenidos en esta línea de investigación de la mano de Fundación Lucentum y Circuit Ricardo Tormo han sido muy prometedores, permitiendo detectar el aumento de tamaño provocado por la congestión muscular tras la realización de diferentes ejercicios de fuerza, como sentadillas y curl de bíceps, así como la respuesta metabólica del cuerpo ante el aumento de la actividad física. Así, se han podido medir gracias al escaneado 4D los perímetros musculares con una precisión incluso mayor que los estándares antropométricos, al eliminar la variabilidad inducida por el factor humano de la persona encargada de realizar la medida, y las variaciones de temperatura corporal del deportista en aquellos músculos trabajados y en el resto del cuerpo.

Por otra parte, la implicación de la Fundación València Bàsquet ha sido imprescindible para continuar con el estudio de la viabilidad de aplicación del sistema de valoración de estabilidad de rodilla en el baloncesto. Este es un deporte que presenta unos índices elevados de lesividad en la zona de la rodilla, y es por tanto de gran interés contar con una herramienta que permita detectar los signos de que algo va mal, es decir, contar con indicadores objetivos que ayuden a prever el riesgo de lesión antes de que ocurra.



Figura 3. Realización de la prueba de salto con giro Monopodal para la evaluación de la estabilidad rotacional de rodilla.

Para tal fin, el IBV cuenta con un sistema de valoración que, a través de un gesto validado como el salto con giro Monopodal y el empleo de una plataforma de fuerzas, permite evaluar el estado de la rodilla del deportista. En EYESPORT se ha avanzado en la aplicación de este sistema a las particularidades del baloncesto, y para ello ha contado con la colaboración de jugadoras de la academia de la Fundación València Bàsquet, que han participado en la realización de ensayos para estudiar la capacidad del sistema de detección de alteraciones funcionales que puedan llevar a la aparición de lesiones.

En cuanto a la línea de investigación de pavimentos deportivos, se ha contado con la colaboración de las empresas del sector Cespeval, iTurf y Realturf para el desarrollo de un sistema que permita objetivar el estado de desgaste de una superficie de césped artificial. El objetivo es obtener una herramienta que, con el empleo de técnicas de IA, sea capaz de identificar defectos en la fibra de césped a partir de fotografías tomadas con el teléfono móvil.

Durante 2020 se dieron los primeros pasos para la aplicación de Redes Neuronales capaces de detectar y clasificar los defectos presentes en la fibra de césped artificial, procediendo a generar una base de datos de imágenes en las que los fallos estuvieran debidamente etiquetados. Esta base de datos es la base sobre la que entrenar las Redes para que éstas sean capaces de distinguir los defectos y, por tanto, acabar teniendo una valoración del estado del pavimento en función del tipo y cantidad de fallos detectados.



Figura 4. Imágenes de detalle de superficies deportivas de césped artificial para la detección de defectos y caracterización del estado de desgaste del pavimento.

En 2021 se ha trabajado conjuntamente con el instituto VRAIN de la Universitat Politècnica de València para la identificación de las Redes Neuronales más adecuadas y su adaptación para poder aplicarlas con éxito al caso concreto de la detección de defectos en superficies de césped artificial. Además, se ha avanzado en la definición del protocolo de toma de medidas, diseñando una herramienta digital que facilite el proceso de toma de imágenes en el campo, guiando al técnico encargado de la tarea y permitiendo el envío rápido y sencillo de la información. En este sentido, se ha llevado a cabo un estudio de viabilidad de la herramienta con las empresas Cespeval, iTurf y Realturf, validando su uso en pruebas realizadas en campos repartidos por la geografía española.

Los resultados obtenidos en el proyecto EYESPORT 2021 han permitido validar el uso de técnicas IA en diferentes ámbitos relacionados con el deporte. Así, se ha corroborado que la aplica-

ción de la Inteligencia Artificial supone un salto cualitativo en la objetivación de la caracterización tanto de movimientos como del estado de pavimentos deportivos, permitiendo avanzar hacia una práctica deportiva que maximice el rendimiento y la seguridad de los deportistas.

## EMPRESAS PARTICIPANTES

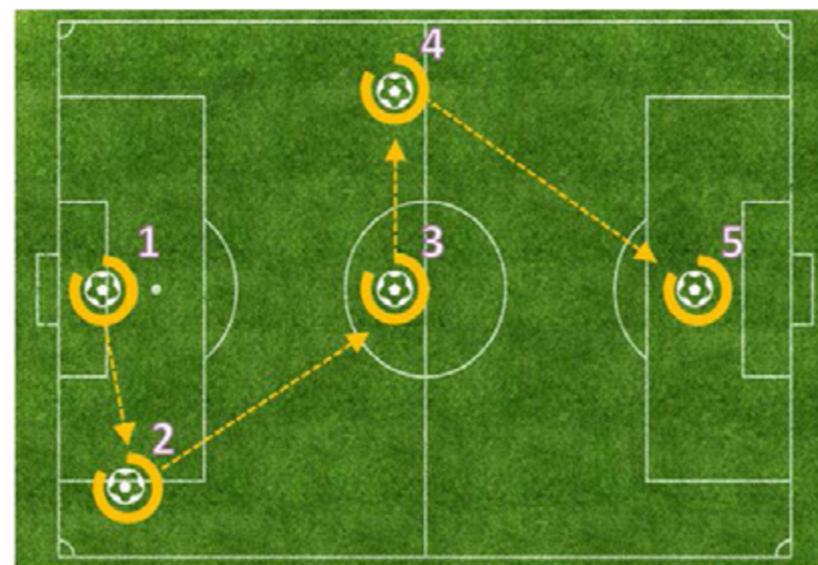
Las empresas que han participado en esta iniciativa junto al Instituto de Biomecánica (IBV) han sido:

- Fundación València Básquet,
- Fundación Lucentum,
- Circuit Ricardo Tormo,
- Cespeval,
- iTurf,
- Realturf,
- León de Oro,
- Pixelcom,
- Neogym.

Figura 5. Herramienta de registro y envío de imágenes para la caracterización del estado de desgaste del pavimento.



Perpendicular Inclinado 45°



Financiado por:



Cofinanciado por  
la Unión Europea

Nº expediente: IMDEEA/2021/30

## Inteligencia Artificial aplicada a la metodología de investigación de usuario *online*

Marta Valero Martínez,  
Vanessa Jiménez Gil,  
Javier Silva García,  
Emilio Benítez Bermejo,  
Raquel Ruiz Folgado,  
Raquel Marzo Roselló,  
Juan Carlos González García,  
Rosa Porcar Seder.

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

## INTRODUCCIÓN

### La pandemia ha acelerado la innovación en la investigación *online*

Una de las consecuencias de la COVID-19 y el distanciamiento social impuesto, ha sido la disminución de la investigación presencial, lo que ha potenciado la necesidad de avanzar en nuevas formas de abordar de forma *online* la investigación con usuarios. Además, también ha acercado las nuevas tecnologías y la investigación *online* a un mayor número de personas, generándose en las empresas la oportunidad de acceder a una mayor cantidad de opiniones de las personas. Sin embargo, esta información al ser masiva y no estructurada es muy compleja de analizar sin la metodología y herramientas adecuadas.

Por ello, en esta segunda anualidad del proyecto IA\_USERINSIGHTS, el Instituto de Biomecánica (IBV) ha profundizado en la metodología de extracción y análisis automático de la opinión de las personas sobre un producto/servicio, expresadas de manera libre en diferentes medios *online* (respuestas abiertas de test de usuarios o encuesta *online*, así como testimonios en *webs*, *market places*, redes sociales, etc.). Esta metodología incluye algoritmos de Inteligencia Artificial y de procesamiento de lenguaje natural, para mejorar la eficiencia de obtención de “*insights*” clave.

Estos algoritmos permiten no sólo hacer más eficiente y ágil el análisis realizado por un experto de forma manual, sino también poder procesar mayor cantidad de información en un corto plazo de tiempo.

### Plataforma de gestión de datos personales

Para gestionar de forma eficiente la participación de las personas, el IBV puso en marcha VALENCIA.DATA, una plataforma que recoge datos de los ciudadanos y las ciudadanas de forma segura. Se trata de un ecosistema digital que permite registrar datos personales de las personas tras su participación en estudios de I+D. Precisamente, esta plataforma fue galardonada como ‘*My Data Operator 2020*’ por su capacidad de empoderar a las personas mejorando su derecho a la autoridad y libertad de sus datos personales.

En esta anualidad del proyecto IA\_USERINSIGHTS, se han incorporado nuevas funcionalidades a la plataforma VALENCIA.DATA que permitirán una mayor captación de diferentes perfiles de usuarios, así como su adherencia y fidelización mediante metodología de dinamización y gamificación. Ya son más de 4.000 personas las que han mostrado interés en pertenecer a esta plataforma, un número que se espera siga aumentando con su uso y con la puesta a punto de todas las funcionalidades diseñadas.

## RESULTADOS

El primer resultado obtenido en el proyecto es una **metodología basada en Inteligencia Artificial de análisis y visualización de la opinión expresada de manera libre por el usuario** como herramienta para acelerar la innovación.

Algunos de los testimonios de las empresas participantes en el proyecto sobre la metodología desarrollada son:

- “Esta metodología me ha permitido discriminar entre alternativas de diseño”
- “Me ha ayudado a conocer la propuesta de valor”
- “Me ha servido para reducir riesgo de desarrollo”
- “Me ha permitido conocer puntos de mejora y fortalezas que incluso no sabíamos que teníamos”
- “Me ha impresionado la profundidad de los resultados que se obtiene de esta metodología”.

A continuación, se expone dicha metodología que también puede consultarse en el siguiente enlace de YouTube: <https://youtu.be/MjZIMiovPVE>.

En primer lugar, se debe obtener la **opinión expresada de manera libre por el usuario que puede provenir de fuentes primarias**, es decir de preguntas abiertas en cuestionarios semiestructurados, o de fuentes secundarias como son transcripciones de llamadas de *call center*, valoraciones de productos o servicios como Amazon o Google Maps, respuestas abiertas de encuestas, mensajes de chats, testimonios, *emails*, etc. Además, se han analizado las diferentes técnicas y herramientas para la extracción de información de Internet en los casos que son de mayor interés para las empresas. De esta forma, se pretende optimizar el trabajo necesario para realizar una netnografía, técnica metodológica que se utiliza para extraer los *insights* o criterios clave de preferencia del usuario ya disponibles en la red, siendo de gran interés para acelerar la innovación en las empresas.

Posteriormente, una vez ya tenemos las opiniones de usuarios, se debe valorar (Figura 1) si es necesaria una **clasificación de acuerdo a su polaridad (opiniones positivas o negativas)** previamente a realizar el procesado del lenguaje natural



Figura 1. Árbol de decisión para la clasificación de polaridad previa al procesado del lenguaje natural

donde obtendremos cuáles son los conceptos nombrados con mayor frecuencia y su visualización mediante nubes de palabras:

- Cuando las opiniones provengan de fuentes secundarias, siempre habrá que realizar la clasificación de polaridad previa a la realización de cualquier análisis.
- Cuando las opiniones provengan de preguntas abiertas orientadas con polaridad definida con preguntas tipo “¿qué aspectos destacarías como más positivos?”, no será necesario realizar la clasificación de polaridad previa.
- Cuando las opiniones provengan de preguntas abiertas sin orientar como “¿qué es lo primero que te viene a la mente al pensar en tu espacio de trabajo en el hogar?”, sí será necesario realizar la clasificación de polaridad.

El análisis de polaridad previo para la clasificación de comentarios es clave para poder obtener información de las redes sociales o de cualquier fuente de datos no estructurados que puede contener tanto opiniones positivas como negativas, ya que dichas opiniones deben clasificarse de acuerdo a su polaridad para poder aplicar las metodologías de procesamiento del lenguaje

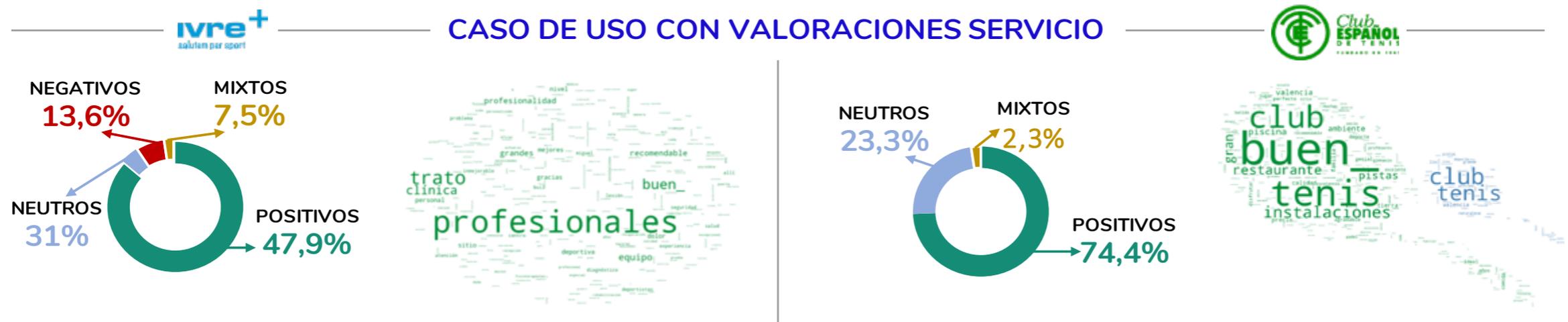
natural desarrolladas en la anualidad anterior del proyecto. Para realizar la clasificación de polaridad, cabe señalar que las técnicas clásicas de análisis de la polaridad mediante el uso de diccionarios necesitaban ser mejoradas mediante la introducción de técnicas y herramientas de inteligencia artificial como el *Deep Learning*, técnica que se ha incorporado a la metodología en la segunda anualidad.

Posteriormente, se hace el **procesado del lenguaje natural** realizado mediante un análisis clásico, que ha mostrado ser de gran utilidad para el procesamiento de respuestas a preguntas abiertas formuladas al usuario participante cuando las respuestas dentro de una pregunta tienen la misma polaridad (todas las respuestas analizadas en conjunto son menciones de aspectos positivos o negativos).

Algunos **ejemplos de casos de uso** desarrollados con las empresas participantes son:

- Analizar la opinión de nuestro propio producto o servicio y/o de la competencia (véase figura 2).

Figura 2. Analizar la opinión de un servicio



- Comparar un mismo producto en diferentes períodos (véase figura 3).
- Comparar un mismo producto en diferentes mercados.

Por tanto, la metodología desarrollada en IA\_USERINSIGHTS permite realizar estudios con un amplio ámbito geográfico, acceder a perfiles de usuarios con disponibilidad limitada, reducir el coste de los estudios presenciales, así como acceder a la opinión de las personas en su entorno y a tiempo real.

El segundo resultado del proyecto es la **plataforma de gestión de datos de usuarios no anónimos, VLC.DATA**, <https://valenciadata.ibv.org/home>, con nuevas funcionalidades (ver video en YouTube: <https://www.youtube.com/watch?v=eDeHdtrj-50>), que incluye la estructura de recogida, clasificación y almacenamiento de datos de personas, así como una nueva interfaz que permita una mayor captación, dinamización y fidelización de usuarios. Para este resultado se parte de la metodología de dinamización desarrollada en la primera anualidad, en la que se definen las nuevas funcionalidades a desarrollar, considerando su interacción con las metodologías de investigación on-line. Todo teniendo como punto de referencia a cada una de las personas participantes, lo cual incrementa su potencial. Por supuesto, la plataforma mantendrá su estructura para el cumplimiento del marco legal establecido en el Reglamento General de Protección de Datos (RGPD).

watch?v=eDeHdtrj-50), que incluye la estructura de recogida, clasificación y almacenamiento de datos de personas, así como una nueva interfaz que permita una mayor captación, dinamización y fidelización de usuarios. Para este resultado se parte de la metodología de dinamización desarrollada en la primera anualidad, en la que se definen las nuevas funcionalidades a desarrollar, considerando su interacción con las metodologías de investigación on-line. Todo teniendo como punto de referencia a cada una de las personas participantes, lo cual incrementa su potencial. Por supuesto, la plataforma mantendrá su estructura para el cumplimiento del marco legal establecido en el Reglamento General de Protección de Datos (RGPD).

Figura 3. Comparar un mismo producto en diferentes períodos

### CASO DE USO CON VALORACIONES PRODUCTO



TOTAL

AÑO 1  
(julio 2019 a junio 2020)

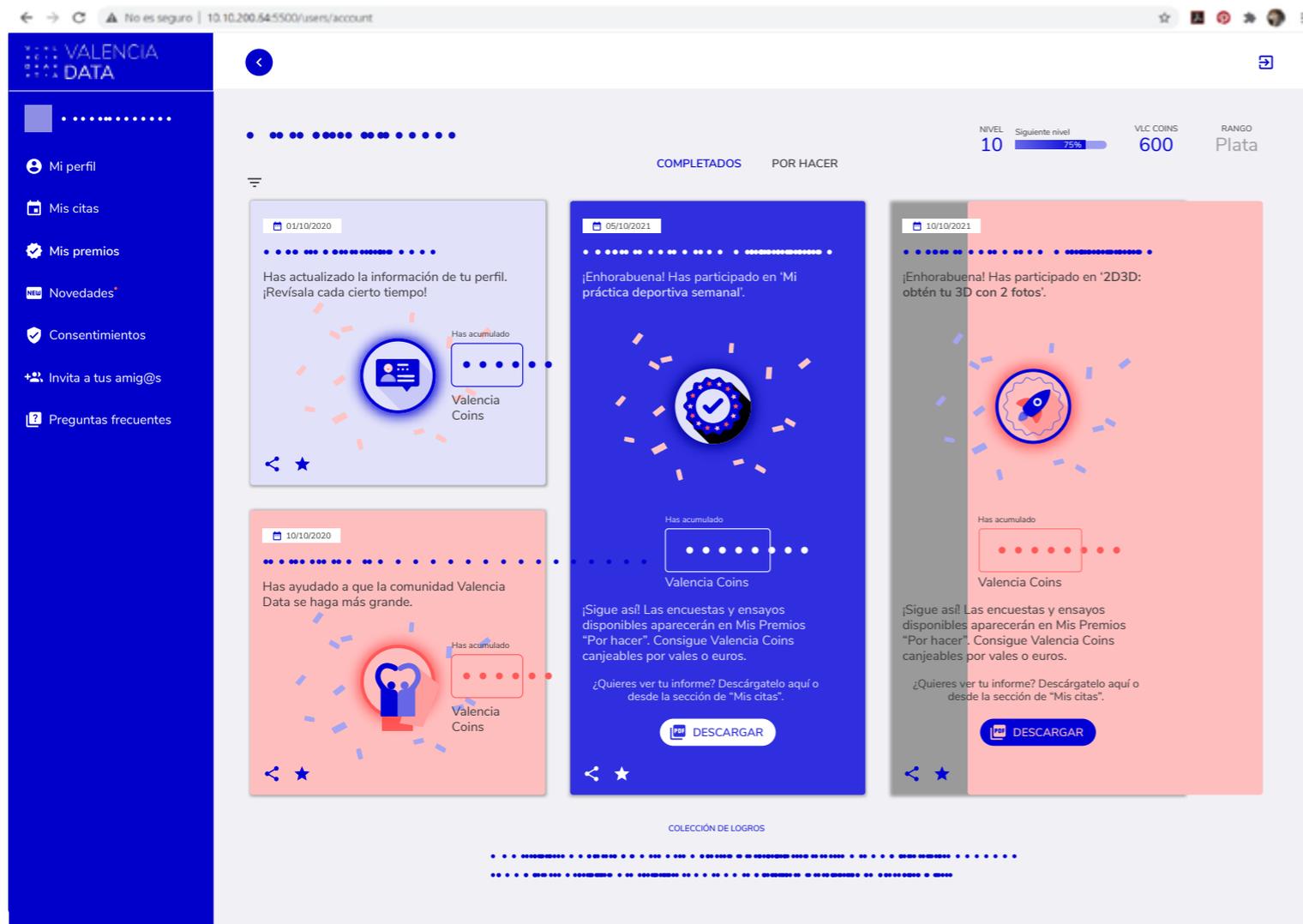
AÑO 2  
(julio 2020 a junio 2021)



Menciones total (n=453) // Año 1 (n=257) // Año 2 (n=196)

Figura 4. Interfaz web de VLC.DATA. Sección de premios del usuario participante.

Por ejemplo, algunas de las funcionalidades que se han incorporado son la posibilidad de que los usuarios puedan obtener premios (Figura 4) por la participación en estudios (VLCCoins), que puedan consultar sus citas a ensayos y el resto de participaciones realizadas, las novedades de actividades en marcha, o puedan invitar a amigos. Además, se ha definido el protocolo de la gestión de los datos de cada participante.



## EMPRESAS PARTICIPANTES

Las empresas que han participado en esta iniciativa junto al Instituto de Biomecánica (IBV) han sido:

- SPB Global Corporation (SPB),
- L'Institut Valencià de Recuperació Esportiva (IVRE),
- Fundación Lucentum Baloncesto Alicante,
- Club Español de Tenis,
- Royo Spain,
- International Shoes Garvalin (Garvalin),
- Bioinicia,
- Actiu,
- Dirección General de Deporte,
- Health Iberia,
- Sociedad de Proyectos Temáticos de la Comunidad Valenciana S.A.U. (SPTCV, S.A.U./Distrito Digital),
- Asociación de Gestores Deportivos Profesionales de la Comunidad Valenciana (GEPACV) y
- Club Marató i Mitja Castelló-Penyagolosa

Financiado por:



Cofinanciado por la Unión Europea

Nº expediente: IMDEEA/2021/32



## El IBV ayuda a las empresas a integrar la perspectiva de género en la adecuación de puestos de trabajo

Rakel Poveda-Puente,  
Raquel Ruiz Folgado,  
Raquel Portilla Parrilla,  
Raquel Marzo Roselló,  
Sonia Serna Arnau,  
Alicia Piedrabuena Cuesta,  
Alberto Ferreras Remesal,  
Purificación Castelló Mercé,  
Mercedes Sanchis Almenara.

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

La implantación de criterios ergonómicos en los puestos de trabajo es cada vez más una realidad entre las empresas españolas. Sin embargo, queda mucho por hacer desde el enfoque de género, cuando es uno de los factores inherentes de la ergonomía. Durante dos años el Instituto de Biomecánica (IBV) con la colaboración de 16 entidades de la Comunidad Valenciana y dos expertas en Sociología de Género, ha desarrollado herramientas que permiten realizar un diagnóstico de la empresa y evaluar puestos de trabajo con enfoque de género y recomendaciones que permiten avanzar en la mejora ergonómica de los entornos laborales con enfoque de género.

### INTRODUCCIÓN

Los avances de los últimos años en la prevención de riesgos laborales están permitiendo que la adecuación ergonómica de los puestos de trabajo adquiera una importancia creciente.

La ergonomía es el término aceptado mundialmente para definir el conjunto de conocimientos multidisciplinares que estudia las capacidades y habilidades de los humanos, analizando aquellas características que afectan al diseño de productos o procesos de producción, con el objetivo de adaptar productos, tareas, entornos y herramientas a las necesidades y capacidades de las personas, mejorando su eficiencia, seguridad y bienestar. Por tanto, y atendiendo a esta definición, la integración de la perspectiva género debe ser algo inherente al enfoque ergonómico.

La ergonomía con enfoque de género incide en una de sus características clave: la adaptación teniendo en cuenta las necesidades específicas de los diferentes grupos de población de forma holística y a lo largo del ciclo vital.

Tener en cuenta el género en la adecuación ergonómica ayuda a reducir de forma significativa los problemas (molestias, lesiones o falta de eficiencia) derivados de diseños inadecuados de puestos y facilita tanto la igualdad de trato como de oportunidades entre mujeres y hombres en el empleo.

Entre los motivos que provocan los problemas asociados a la falta de ergonomía en los puestos y que se relacionan con una falta de enfoque de género, destacan los siguientes:

- Falta de adaptación a las dimensiones corporales de las trabajadoras.
- Mayor presencia de mujeres en puestos con tareas más repetitivas.
- Falta de herramientas diseñadas para ajustarse a diferentes perfiles.
- Equipos de protección individual (EPI) no diseñados en función del perfil de la persona usuaria o sin posibilidad de ajustes.
- Dificultad, en algunos casos, de adaptación de ciertos puestos o tareas al periodo del embarazo.
- Líneas de producción y puestos de trabajo diseñados conforme a las características de los hombres y en las que existe una falta de ajuste que impide que las mujeres puedan desempeñarlos en condiciones adecuadas.

El IBV inició en enero de 2020 el proyecto **Integración de la perspectiva de género en los criterios de adecuación ergonómica de entornos laborales**, finalizando en diciembre de 2021 la segunda anualidad del mismo, con el objetivo de facilitar una herramienta de evaluación de riesgos por puestos concretos y recomendaciones que permitan a las empresas mejorar los puestos de forma eficiente.

## RESULTADOS

Tras el diagnóstico, desarrollado en la primera anualidad, se detectó la necesidad de generar una herramienta avanzada de análisis de puestos y recomendaciones de diseño y rediseño de los puestos analizados. Por ello, la segunda anualidad se ha centrado en el desarrollo de una guía de recomendaciones y una herramienta avanzada donde se identifican riesgos de puestos específicos y se genera un informe interactivo con recomendaciones ergonómicas con enfoque de género.

Para el desarrollo de la herramienta, se han realizado grupos de discusión y reuniones con las entidades cooperantes que han validado los cuestionarios de la herramienta y la han aplicado en puestos reales.

La identificación de riesgos está dividida en dos partes: la primera centrada en el análisis de información básica de la empresa, como son los planes de igualdad o el análisis de los protocolos

Herramienta avanzada de identi... x +

genero.ibv.org/?itemid=153

Aplicaciones | Otros marcadores | Lista de lectura

**gènero**

Home Proyecto Género Estado actual: Diagnóstico ¿Cuál es el diagnóstico básico de mi empresa? Manual Guía 21 **Identifica 21** Escribeme Acceso

Perfil de:

+ i Léeme

IMPRIMIR INFORME DE EMPRESA IMPRIMIR INFORME DE PUESTO IMPRIMIR INFORME DE PUESTO

Cuestionario: descripción de empresa Cuestionario: análisis de puesto tipo

Empresa actual: Puesto actual:

GENERALITAT VALENCIANA | IVACE INSTITUT VALENCIÀ DE COMPETITIVITAT EMPRESARIAL | UNIÓN EUROPEA Fondo Europeo de Desarrollo Regional Una manera de hacer Europa | IBV INSTITUTO DE BIOMECÁNICA DE VALENCIA

El proyecto ha sido aprobado por el IVACE para su financiación a través de la convocatoria de ayudas dirigidas a centros tecnológicos de la Comunitat Valenciana para el desarrollo de proyectos de I+D de carácter no económico realizados en cooperación con empresas, con cargo al presupuesto del ejercicio 2020, con cofinanciación de la Unión Europea a través del Fondo Europeo de Desarrollo Regional, dentro del Programa Operativo de la Comunitat Valenciana 2014-2020.

Título del proyecto: Integración de la perspectiva de género en los criterios de adecuación ergonómica de entornos laborales. Ref.IMDEEA/2020/86

Proyecto financiado por el programa 2021 de ayudas del Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial (IVACE) dirigida a centros tecnológicos de la Comunitat Valenciana para el desarrollo de proyectos de I+D de carácter no económico realizados en cooperación con empresas, cofinanciado por fondos FEDER dentro del Programa Operativo de la Comunitat Valenciana 2014-2020. Ref.IMDEEA/2021/33

Aviso legal Política de privacidad Política de cookies

Figura 1: página principal de la herramienta avanzada de análisis de puestos.

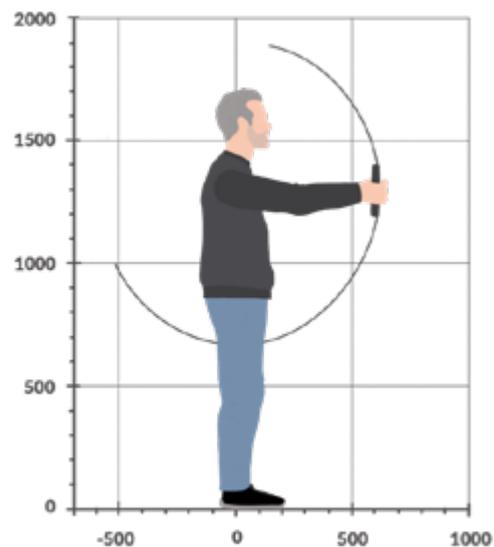
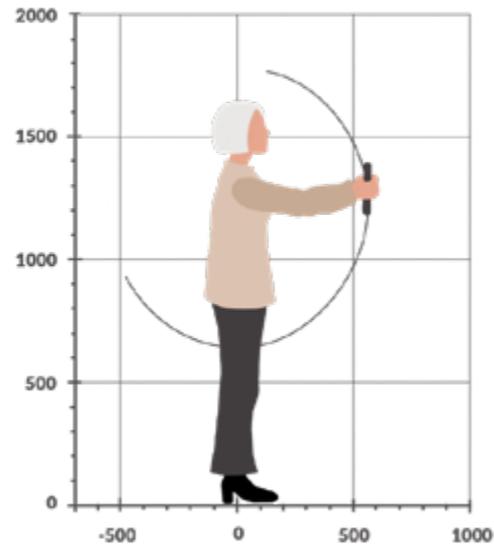


Figura 2: Alcance recomendado en el plano sagital mujer y hombre.

para informar y formar a la plantilla; y la segunda, centrada en puestos concretos donde se evalúan y se analizan las siguientes condiciones del puesto:

- Riesgos por exigencias físicas, centrados en: manipulación manual de cargas, tareas repetitivas, aplicación de fuerzas, posturas forzadas y manipulación de pacientes.
- Riesgos psicosociales.
- Riesgo por embarazo.
- Criterios de diseño de equipos de protección, de espacios y de máquinas y herramientas.
- Aspectos organizativos del puesto de trabajo.

Esta segunda parte, puede aplicarse en todos aquellos puestos que la empresa necesite.

En el informe, personalizado y descargable en PDF, se han incluido 52 recomendaciones en formato vídeo o en fichas PDF. Estas recomendaciones dan respuesta a los principales riesgos asociados a la inadecuación ergonómica de los puestos de trabajo con perspectiva de género.

La guía de recomendaciones ha sido desarrollada gracias a la participación de todos los agentes implicados en el proyecto. Expertas en género de la Universitat de València han desarrollado el primer capítulo relativo a la importancia del enfoque de género y las distintas entidades han desarrollado buenas prácticas que servirán de referencia para el resto de organizaciones interesadas.

## CONCLUSIONES

El proyecto ha permitido el desarrollo de herramientas novedosas que facilitan realizar un diagnóstico para la mejora de las condiciones ergonómicas de trabajo con perspectiva de género.

Estas herramientas, que han sido implementadas a lo largo del 2021, permiten el avance hacia diseños ergonómicos de puestos de trabajo que consideran las características de todas las personas trabajadoras.

Una treintena de empresas se han interesado por el proyecto desde su inicio y casi 400 han realizado el diagnóstico desde que se puso en marcha.

Toda la información sobre el proyecto está disponible en la web <https://genero.ibv.org>.

## EMPRESAS PARTICIPANTES

Las empresas cooperantes que han participado en esta iniciativa junto al Instituto de Biomecánica (IBV) han sido:

- Asociación de Ergonomía de la Comunidad Valenciana (ErgoCV),
- Ayuntamiento de Alcoy,
- Ayuntamiento de Algemés,
- Ayuntamiento de Segorbe,
- Ayuntamiento de Villena,
- Centro Especial de Empleo de Montajes Electrónicos (CEEME),



Figura 3: Imágenes de vídeos de recomendaciones a modo de ejemplo.

- Confederación Empresarial de la Comunitat Valenciana (CEV),
- Embutidos Martínez,
- Fundación Valencia Activa del Pacto para el Empleo de la ciudad de València (Valencia Activa),
- Gestió Socio Sanitaria al Mediterrani (Gesmed),
- Importaco,
- Logifruit,
- Mancomunidad Bajo Segura,
- OTP-Oficina Técnica de Prevención, S.L.,
- UBE Corporation Europe,
- Unimat Prevención

Así mismo, se ha contado con el asesoramiento en temas de igualdad de género desde la visión de la sociología del Departamento de Sociología y Antropología Social de la Universitat de València.

Financiado por:



Cofinanciado por la Unión Europea

Nº expediente: IMDEEA/2021/33

## Nuevos procedimientos y tecnologías biomecánicas para la valoración clínica y la evaluación de implantes

Arturo Gómez Pellín;  
Ana Ruescas Nicolau;  
Fermín Basso Della Vedova;  
José Francisco Pedrero Sánchez;  
Cristina Herrera Ligeró;  
Beatriz Muñoz García;  
Giuseppe Caprara;  
Carlos M. Atienza Vicente y  
Juan López Pascual.

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

## INTRODUCCIÓN

El uso de la valoración biomecánica en el ámbito clínico tiene un potencial muy grande, aportando a los profesionales datos objetivos y fiables del movimiento y capacidad funcional de las personas que permiten evaluar déficits y alteraciones funcionales y a su vez contribuyen a un mejor diagnóstico, toma de decisiones y seguimiento del estado de salud de las personas. Sin embargo, estas técnicas presentan un elevado coste y precisan de grandes laboratorios y condiciones de medida muy controladas que conllevan una alta complejidad en su uso y un elevado tiempo de ejecución de las pruebas.

Estas limitaciones hacen que el uso de la fotogrametría y otras tecnologías de valoración biomecánica queden limitadas en muchos casos al ámbito investigador y disten todavía de ser utilizadas de una manera generalizada en la práctica clínica habitual. La posibilidad de poder acercar la valoración biomecánica al entorno clínico ha sido uno de los retos para muchos investigadores durante los últimos años.

En este contexto, el Instituto de Biomecánica (IBV) ha llevado a cabo en 2021 el proyecto BIOMECSALUD, cuyo objetivo ha sido el desarrollo y puesta a punto de nuevos procedimientos y tecnologías de valoración biomecánica específicamente adaptadas para su implantación y uso en el ámbito de la valoración clínica. Así mismo, estos desarrollos han sido validados para evaluar la funcionalidad de productos sanitarios implantados.

## BIOMECSALUD



Estos desarrollos se han concentrado en 3 líneas de trabajo:

- El desarrollo de metodologías de valoración biomecánica más ágiles, rápidas y sencillas para su adaptación a un entorno hospitalario.
- La puesta a punto de aplicaciones de valoración biomecánica basadas en redes neuronales para su uso en el ámbito clínico.
- La puesta a punto y validación de un novedoso sistema de escaneo dinámico 4D para el análisis de movimientos y forma humana en el ámbito clínico y el estudio de su uso para la evaluación de productos sanitarios implantables.

## RESULTADOS

A continuación, se describen los principales resultados del proyecto en cada una de las líneas de trabajo:

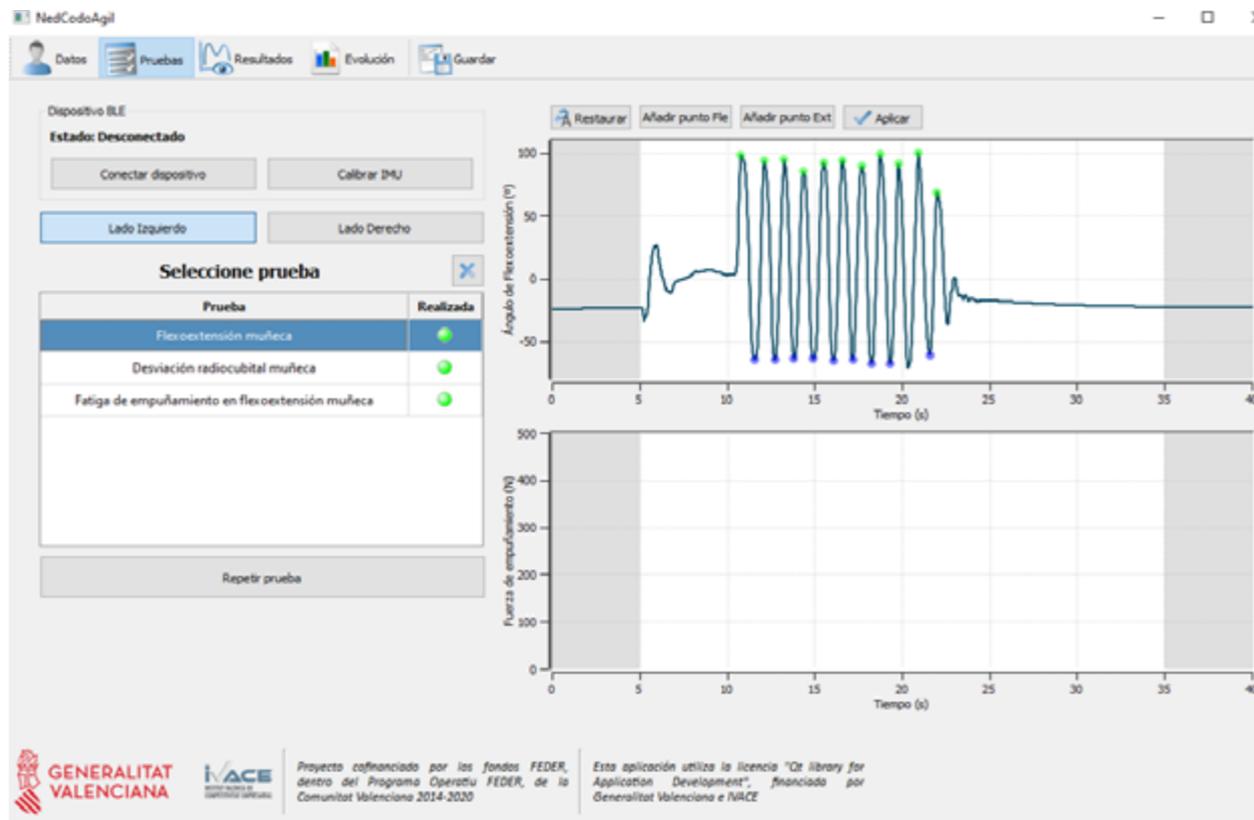
### R1: Aplicación NedMuñeca Ágil para la valoración funcional específica de la muñeca a partir de un dispositivo portable basado en sensores inerciales

El primer resultado alcanzado durante el proyecto consiste en una aplicación basada en el uso de un dispositivo portable que permite, de una forma rápida y sencilla, evaluar la funcionalidad

de la muñeca en una consulta clínica. Este desarrollo se ha llevado a cabo para dar respuesta a la necesidad específica detectada desde el entorno clínico de disponer de una tecnología portable y un protocolo ágil que permita evaluar la funcionalidad de la muñeca en consulta, es decir, sin necesidad de realizarse en un laboratorio de biomecánica.

NedMuñeca Ágil está formada por una aplicación y un dispositivo de registro portable basado en sensores inerciales que permiten obtener variables biomecánicas cinemáticas y dinámicas durante la realización de las pruebas de flexo-extensión, desviación radiocubital y fatiga de empuñamiento en flexo-extensión de muñeca (Figura 1). La aplicación permite visualizar en tiempo real tanto

Figura 1. Aplicación NedMuñeca Ágil.



las variables cinemáticas como dinámicas, calcular parámetros biomecánicos específicos de relevancia clínica para la ayuda a la toma de decisiones y hacer un seguimiento en el tiempo de la evolución de los distintos parámetros.

Esta aplicación fue testeada por parte del grupo UBIC de la Facultad de Fisioterapia de la Universitat de València lo que ha permitido validar el desarrollo en el ámbito clínico, así como detectar oportunidades de mejora.

## R2: Estudio del uso de redes neuronales aplicadas a la valoración biomecánica en el ámbito clínico

Se ha llevado a cabo un estudio para la puesta a punto de una metodología de valoración biomecánica ágil, rápida y sencilla a partir del análisis de movimientos mediante el uso de técnicas de visión e Inteligencia Artificial (IA). El objetivo principal de este estudio fue validar que mediante el análisis de vídeos de gestos funcionales procesados con redes neuronales era posible obtener la medida del rango de la articulación de la rodilla con resultados similares a los obtenidos a través de fotogrametría. Para ello, se realizó un estudio de validez entre dos redes neuronales (MediaPipe y OpenVINO™) con un sistema de fotogrametría que es considerado como *Gold Standard* en el análisis cinemático del movimiento humano. En él se compararon los valores del rango articular de la rodilla, una de las variables cinemáticas que presenta mayor relevancia clínica por su implicación en las actividades de la vida diaria, obtenidos a través del *software* de

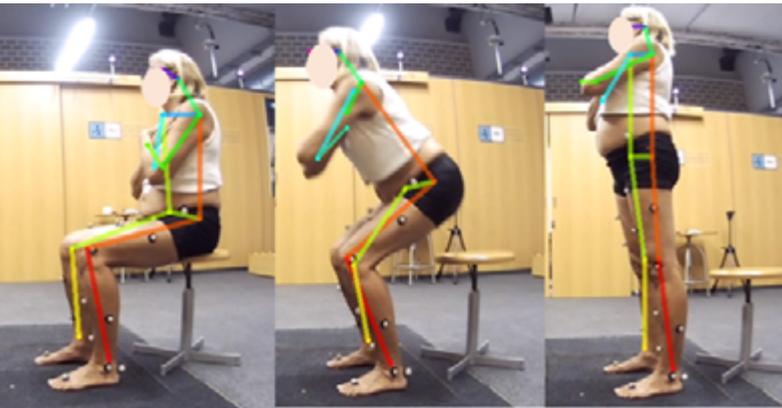


Figura 2. Pruebas experimentales con algoritmos basados en redes neuronales para valoración de la capacidad funcional.

fotogrametría Kinescan/IBV y los estimados a partir de videos procesados con las redes neuronales MediaPipe y OpenVINO™ (Figura 2). Además, se analizó cuál era la librería de IA óptima para la detección del rango articular de rodilla en el plano sagital, así como las mejores condiciones de detección en la toma de medidas.

Los resultados de este estudio mostraron que las diferencias en las medidas estimadas por ambas redes neuronales con respecto a Kinescan/IBV son similares y por tanto que la validez de la red MediaPipe y de la red OpenVINO™ para estimar variables cinemáticas en los gestos grabados en este trabajo es similar.

Este estudio demostró que el uso de las redes neuronales para estimar los rangos articulares de los miembros inferiores en el plano sagital puede ser una estrategia válida para tener en cuenta en el desarrollo de un dispositivo de valoración ágil.

### R3: Puesta a punto y validación de un escáner dinámico 4D para el análisis de movimientos y forma humana

La tecnología de escaneo dinámico MOVE 4D desarrollada por el IBV, fue concebida inicialmente para aplicaciones de antropometría y ajuste de vestimenta. Esta tecnología presenta características que la convierten en una tecnología con un gran potencial para el análisis de movimientos humanos. Entre ellas destacan la no necesidad de instrumentar a la persona con marcadores reflectantes y la cantidad de puntos anatómicos que proporciona varios órdenes de magnitud mayor en comparación con la fotogrametría (10-20 vs 50.000, Figura 3). En el marco

del proyecto BIOMECSALUD se llevó a cabo un estudio para evaluar el comportamiento de este escáner dinámico aplicado al análisis de movimientos y forma humana y se compararon sus resultados con los obtenidos mediante fotogrametría. Los resultados del estudio permitieron determinar que **la tecnología de escaneo dinámico MOVE 4D presenta un nivel alto de precisión en el cálculo de puntos anatómicos 3D y la medida de ángulos articulares y del mismo orden que la fotogrametría (actual estándar de oro)**. Estos resultados confirman la viabilidad de uso de este sistema en aplicaciones del ámbito clínico para las cuales el registro sin marcadores y la obtención de toda la superficie corporal en movimiento y no sólo unos pocos puntos, aporta un alto valor añadido. Algunas

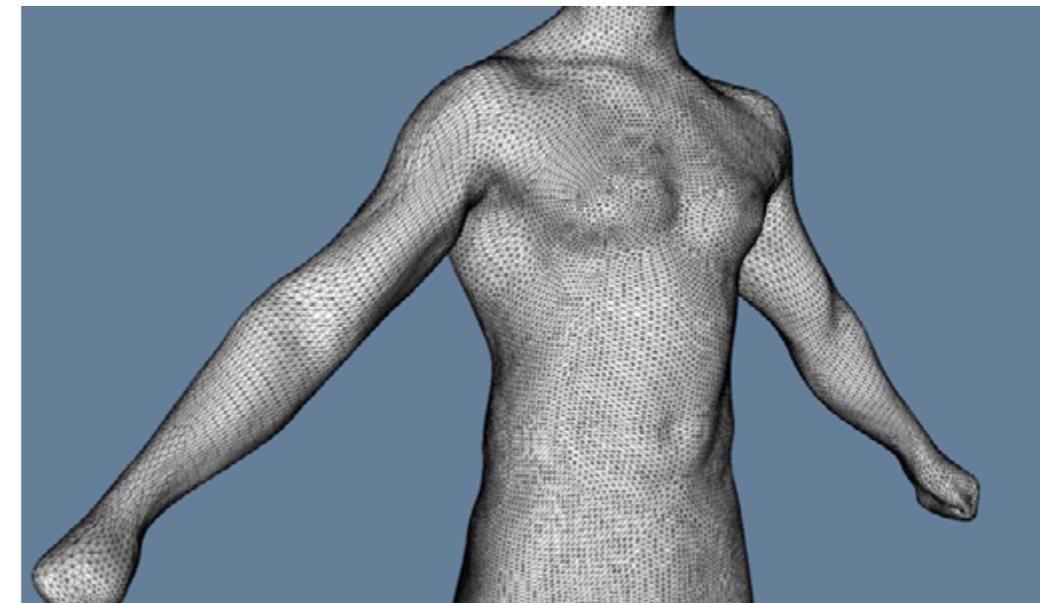


Figura 3. Malla de 50.000 puntos generada sobre el sujeto escaneado.

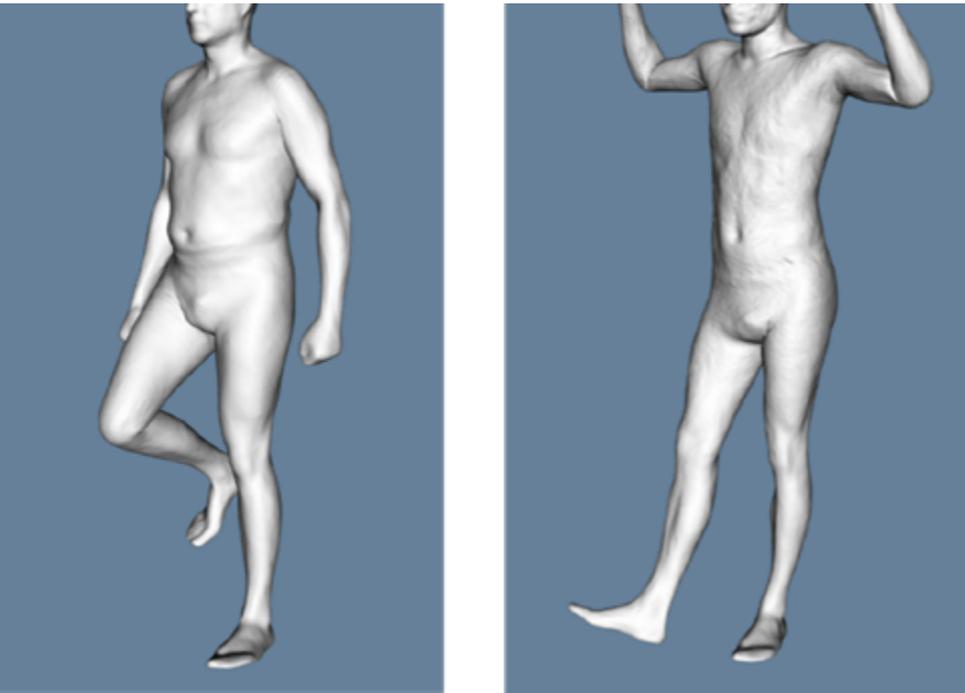
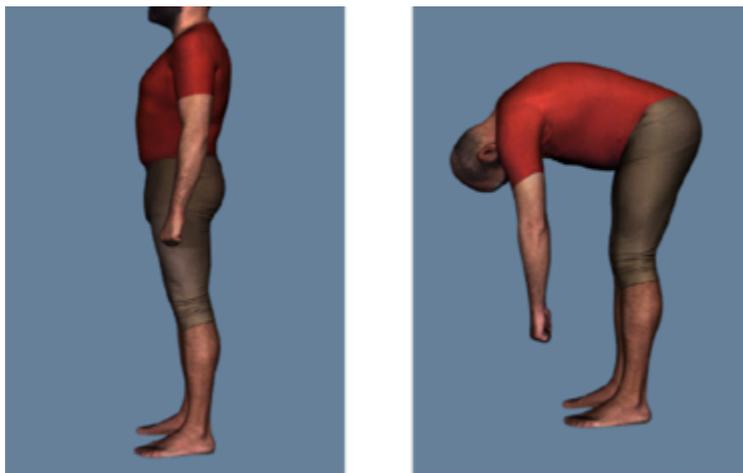


Figura 4. Malla homóloga obtenida a partir del procesamiento de datos del escaneado dinámico para la evaluación de la rodilla.

Figura 5. Valoración de la columna lumbar con el escáner dinámico 4D. Reconstrucción de la malla homóloga.



de las aplicaciones potenciales identificadas de esta tecnología son la personalización de prótesis en miembros amputados para un mejor encaje protésico y caracterización de materiales de tejidos blandos, la evaluación de las restricciones provocadas por un corsé corrector y/o personalizar/contornear el corsé en función de la morfología/deformidad del paciente, valorar y analizar las restricciones dinámicas de la columna provocadas por un tratamiento quirúrgico, o realizar el seguimiento de la escoliosis e intervenciones terapéuticas en la escoliosis en niños y adolescentes, evitando pruebas radiológicas.

Una vez realizada la puesta a punto y validación del sistema, se llevaron a cabo tres demostradores de aplicación de esta tecnología para su evaluación en el ámbito clínico. El primero de los demostradores permitió validar su uso para la evaluación de personas sometidas a una cirugía protésica de rodilla y la obtención de datos clínicos objetivos de la funcionalidad del implante requeridos para el mantenimiento del mercado CE de estos productos (Figura 4). El segundo demostrador evaluó el potencial uso de la tecnología para la valoración de artrodesis de columna y permitió comparar el patrón de flexión del tronco entre personas sanas y patológicas (Figura 5). Finalmente, el tercer

demostrador permitió evaluar el uso de esta tecnología para la evaluación de la articulación temporomandibular.

## EMPRESAS PARTICIPANTES

Las empresas que han participado en esta iniciativa junto al Instituto de Biomecánica (IBV) han sido:

- SURGIVAL CO, S.A.U.
- BIOMET 3I DENTAL IBÉRICA S.L.U.
- FRESIDENTAL S.L.
- INDUSTRIAL MÉDICA ALICANTINA S.L
- S2 GRUPO DE INNOVACIÓN EN PROCESOS ORGANIZATIVOS S.L.U.
- QUIBIM S.L.
- MYSPHERA S.L..

Financiado por:



Cofinanciado por la Unión Europea

Nº expediente: IMDEEA/2021/56



## Definición conceptual de un Laboratorio de Innovación Ciudadana para generar información de contexto en el ámbito de la *Smart City*

Juan F. Giménez Plá,  
Amparo López Vicente,  
Carol Soriano García,  
Raquel Marzo Roselló,  
Elisa Signes i Pérez,  
José S. Solaz Sanahuja.

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

## INTRODUCCIÓN

En 2009, por primera vez en la historia la población urbana superó a la población rural. Para 2050 se espera que la población mundial aumente en 2.300 millones de habitantes, pasando de 7.000 millones a 9.300 millones. Este crecimiento de la población es en gran parte un fenómeno urbano, y se prevé que las ciudades ganarán 2.600 millones de habitantes, con lo que para 2050 serán 6.300 millones de personas las que vivirán en ciudades.

En este contexto las ciudades se enfrentan a una serie de desafíos que requieren herramientas y soluciones cada vez más sofisticadas, especialmente en un entorno global de creciente escasez. De hecho, se está volviendo difícil para las administraciones municipales proporcionar incluso los servicios más básicos a una buena parte de su población.

Si bien las ciudades son los entornos donde los problemas son más agudos, también ofrecen un entorno de colaboración natural para resolver los desafíos sociales<sup>1</sup>. La concentración de personas crea una masa crítica de diversidad que a su vez brinda oportunidades para la innovación en nuevas tecnologías, servicios y modelos de negocios. Del mismo modo, las ciudades son los primeros puntos de conexión para nuevos mercados y tendencias, y se perciben cada vez más como centros de actividad empresarial e innovadora, donde la rápida difusión del conocimiento facilita la propagación de nuevas ideas y brinda

voz a múltiples actores. En estas condiciones, el desafío consiste en cómo impulsar la innovación de una manera rentable y con poco riesgo, de manera que incluso las ciudades con menos recursos puedan invertir en la prosperidad de sus habitantes, abordando los objetivos básicos de sostenibilidad.

Ante esta situación, durante la primera década del nuevo siglo (XXI) emerge y se va dando forma al concepto de *Smart City*. De este modo, Hollands<sup>2</sup> define la *Smart City* como una ciudad que maximiza el empleo de su red de infraestructuras para mejorar su eficiencia a nivel económico y político, y facilitar el desarrollo social, cultural y urbano. Caragliu<sup>3</sup> reformuló esta definición y estableció que una ciudad es *Smart* cuando las inversiones en capital social y humano, así como en infraestructuras tradicionales (transporte) y modernas (tecnologías de información y comunicación, TICs) potencian el crecimiento económico sostenible y la calidad de vida, con una gestión inteligente de los recursos naturales a través de un gobierno participativo.

1 Kulkki S., Towards Human-Centric Socio-Economic Development, *Interdisciplinary Studies Journal*, Vol 3, N 4, Special issue, 2014.

2 Hollands, R. G., 2008, Will the real smart city please stand up? *Intelligent, progressive or entrepreneurial? City*, 12(3), 303–319.

3 Caragliu, Andrea, Del Bo, Chiara, & Nijkamp, Peter (2011). Smart cities in Europe. *Journal of Urban Technology*, 18(2), 65–82



Figura 1. Modelo de la *Smart City*.

El modelo *Smart City* (Figura 1) precisa el desarrollo y la gestión de diversos servicios innovadores que proporcionen información a los ciudadanos sobre todos los aspectos de la vida urbana, a través de aplicaciones interactivas accesibles desde internet. De este modo, la proliferación de nuevas formas de datos recopiladas a través de sensores en el entorno urbano o recogidas de redes sociales, genera nuevas oportunidades para comprender los procesos urbanos a través de análisis *Big Data*. Si bien las aplicaciones potenciales de estos análisis son muy esperanzadoras, algunos investigadores señalan cómo este creciente registro de rastros digitales a menudo se utilizan **fuera de contexto**, lo que disminuye su **significado y valor**<sup>4</sup>. Esta falta de contexto no es

un problema metafísico creado por algunos estudiosos de la cibernética. Más bien uno sólo necesita mirar un conjunto de datos construido a partir de registros digitales, para recordarnos qué poco pueden decirnos sobre la vida social unos cuántos números descontextualizados.

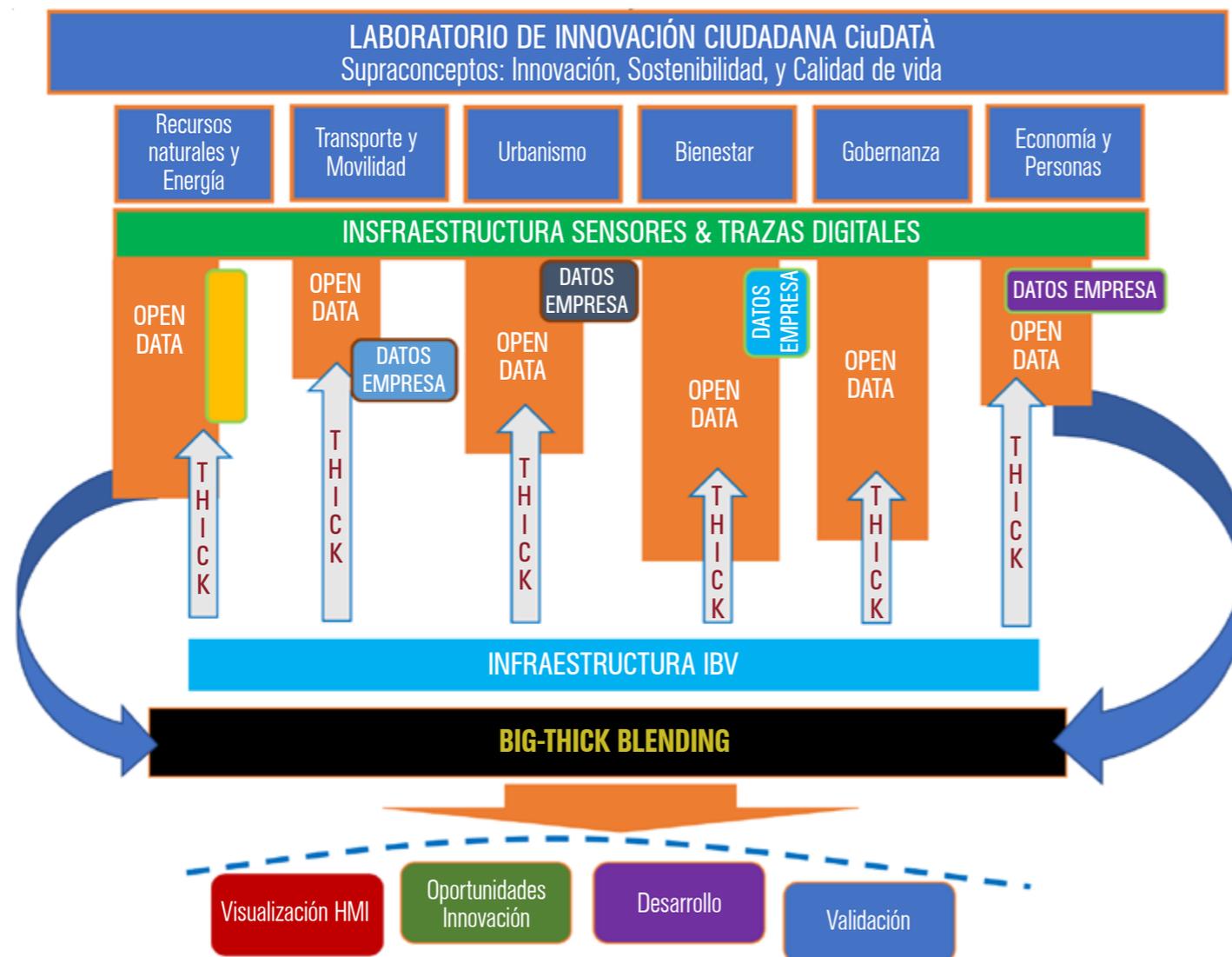
Con muchas variables interesantes no disponibles las personas son, en el mejor de los casos, descritas de manera superficial. Debido a estos problemas, muchas formas de registro electrónico son muy difíciles de utilizar para los investigadores. Para gestionar el desafío que supone trabajar con datos diluidos (delgados o *thin data*), expertos en datos sugieren complementar el *Big Data* con fuentes de datos densos (*Thick Data*) altamente contextualizados. Estos datos *thick* son sinónimo de datos de observación recopilados y analizados etnográficamente, con descripciones detalladas del comportamiento humano, incluyendo tanto la recopilación de información como el análisis del contexto en el que ocurre un comportamiento. Los datos *thick* se definen por su complejidad contextual, que permite al investigador reflexionar sobre cómo y por qué las personas hacen lo que hacen.

En el modelo de la ciudad inteligente los ciudadanos, los desarrolladores, los investigadores y las administraciones de las ciudades pueden generar una plataforma de innovación para generar servicios públicos nuevos y mejorados, permitiendo la transparencia y facilitando una gestión eficiente<sup>5</sup>. Esta colaboración es particularmente evidente en el área de **datos abiertos** (*Open Data*), donde la información del sector público está disponible para que los desarrolladores creen nuevos servicios innovadores.

4 Bornakke, T., Due, B.L., Big-Thick Blending: A method for mixing analytical insights from big and thick data sources, *Big Data & Society* January–June 2018: 1–16, DOI: 10.1177/2053951718765026.

5 Citizen Driven Innovation: A Guidebook for City Majors and Public Administrators, <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/21984>.

Figura 2. Estructura propuesta para el Laboratorio de Innovación Ciudadana.



En efecto, al considerar la información en poder de las administraciones municipales, así como las oportunidades de creación de servicios innovadores como un nuevo tipo de bien público, se están definiendo nuevos estándares técnicos para facilitar el uso y la reutilización de los datos públicos. Esto permite que una aplicación desarrollada para una ciudad se adapte a otra

ciudad y reduce aún más la barrera de entrada para servicios urbanos innovadores. Los **datos abiertos** son otro ejemplo más de cómo la creación conjunta con los ciudadanos y los miembros de la comunidad local puede reducir los costos de desarrollo del servicio al tiempo que genera una diversidad más amplia de soluciones, asegurando que las necesidades y los comportamientos de los usuarios se tengan en cuenta en todos los aspectos del diseño, antes del lanzamiento de un servicio, producto o política municipal.

El proyecto CiuDATÀ plantea como primer objetivo la definición de un laboratorio de innovación ciudadana que permita generar oportunidades de innovación combinando análisis *Big Data* con información de contexto obtenida mediante la aplicación de técnicas cualitativas propias de la investigación social (*Thick Data*). La definición de este laboratorio pasa por el establecimiento de un estado de la cuestión, basado en el desarrollo actual del concepto *Smart City*, así como de las necesidades y expectativas que las entidades integrantes de la cuádruple hélice (empresas-administración-academia-ciudadanos) tienen sobre el concepto de la **ciudad inteligente**.

El proyecto, liderado por el IBV e ITE, se inició en enero de 2021 y tiene una duración de 18 meses, por lo que su finalización está prevista para junio de 2022.

## RESULTADOS

Los principales resultados esperados en la realización de este proyecto son:

- Se han identificado los ámbitos de actuación asociados a diversos modelos de ciudad inteligente. El análisis de estos modelos ha permitido seleccionar seis ámbitos de actuación que cubren todas las intervenciones *Smart City*, orientadas a generar espacios urbanos más habitables, sostenibles y eficientes.
- La definición de la estructura del **Laboratorio de Innovación Ciudadana** se ha realizado con la participación de diversas entidades de la cuádruple hélice (empresas, academia, administración y ciudadanos), a través de la realización de una sesión de co-creación. La estructura propuesta (Figura 2) pretende ser una configuración que dé cabida a diversas tipologías de proyectos de innovación, con el denominador común de datos, ciudadanía y ciudad inteligente.
- Se han seleccionado los indicadores que son referencia para cada uno de los ámbitos de la ciudad inteligente, a partir de una colección generada mediante la revisión de trabajos de diversos autores. Esta selección tiene por objetivo ser una referencia para seleccionar *KPIs*<sup>6</sup> relevantes al abordar el análisis de actuaciones *Smart City*.
- Se ha definido una metodología de comunicación de resultados de la *Smart City*, que propone la **consulta** y la **colaboración** como canales de motivación de los ciudadanos para involucrarlos en las iniciativas de la ciudad inteligente.

De este modo, las intervenciones de generación de *Thick Data* no sólo permitirán generar información de contexto sino que también aportarán información significativa para seleccionar aquellos indicadores que son más relevantes para los usuarios.

- Se han realizado proyectos piloto con empresas del ámbito de la movilidad, la gestión de recursos y el urbanismo para evaluar la metodología de comunicación propuesta. Los proyectos piloto se han basado en el análisis de la tipología de datos presentada en la figura 3, como estrategia básica para abordar proyectos de innovación en el ámbito de la *Smart City*. La observación etnográfica en redes sociales (**Netnografía**) nos ha permitido ahondar en las claves del problema planteado, como paso previo a abordar la intervención *thick* que contextualiza el análisis *Big Data*.

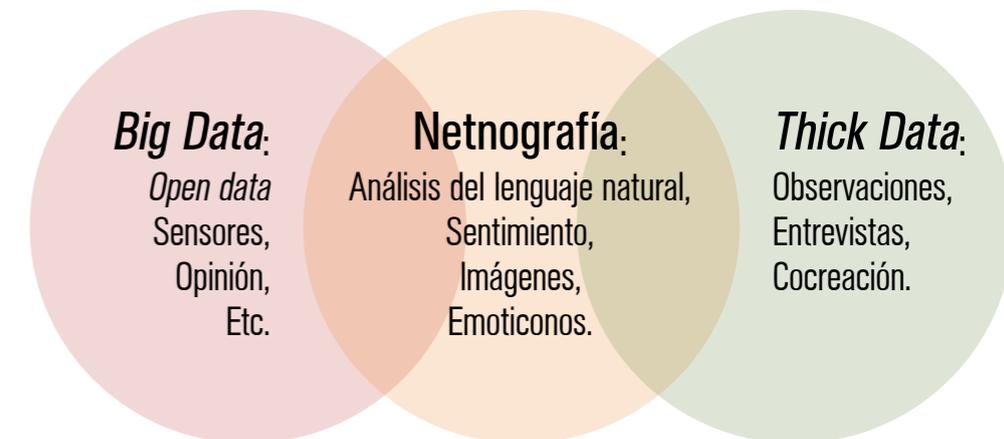


Figura 3. Tipología datos asociados al Laboratorio de Innovación Ciudadana.

<sup>6</sup> Key Performance Indicators.

## EMPRESAS PARTICIPANTES

Las empresas que participan en esta iniciativa junto al Instituto de Biomecánica (IBV) y al Instituto Tecnológico de la Energía (ITE) son:

- MOVILIDAD URBANA SOSTENIBLE, S.L. (MOVUS),
- CUMULUS CITY, S.L.,
- ENTIDAD METROPOLITANA PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS (EMTRE),
- MOSAIK SYSTEMS, S.L.,
- UP2CITY VEHICULOS ELECTRICOS S.L. (UP2CITY),
- SMART MOBILITY SERVICES SPAIN S.L. (FLIT2GO),
- OVANS SMART CITIES ENGINEERING S.L. (OVANS),
- LABERIT SISTEMAS S.L.,
- EMPRESA MUNICIPAL DE TRANSPORTES DE VALENCIA, S.A.U.,
- 5G COMMUNICATIONS FOR FUTURE INDUSTRY VERTICALS, S.L. (FIVECOMM),
- ETRA INVESTIGACION Y DESARROLLO, S.A. ■

Financiado por:



Cofinanciado por  
la Unión Europea

Nº expediente: IMDEEA/2021/69



Proyectos financiados por IVACE en el marco del programa de ayudas dirigidas a centros tecnológicos de la Comunitat Valenciana para el desarrollo de proyectos de I+D de carácter no económico realizados en cooperación con empresas para el ejercicio 2020, cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) en un porcentaje del 50% a través del Programa Operativo FEDER de la Comunitat Valenciana 2021-2027.

Publicación financiada por

